



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

### ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND  
VEHICLE ASSESSMENT

## Vliv používání aditiv do paliva u osobních vozidel

Influence of fuel additives for passenger cars

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. ELIŠKA OBYTOVÁ

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.

BRNO 2021



## Zadání diplomové práce

Studentka: **Bc. Eliška Obytová**  
Studijní program: **Expertní inženýrství v dopravě**  
Studijní obor: **bez specializace**  
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.**  
Akademický rok: **2020/21**  
Ústav: **Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Vliv používání aditiv do paliva u osobních vozidel

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je navrhnout a následně vyhodnotit experimentální měření, při kterých by bylo možné ověřit vliv používání aditiv do paliva pro osobní vozidla.

#### Cíle diplomové práce:

1. Rešerše v oblasti konstrukce motorů a složení a jednotlivých typů aditiv.
2. Návrh a příprava experimentálních měření.
3. Provedení měření a sběr dat.
4. Vyhodnocení získaných dat + návrh případných úprav metodiky měření pro další využití.

#### Seznam doporučené literatury:

BRADÁČ, Albert. Soudní inženýrství. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-7204-133-9  
JANÍČEK, Přemysl. Systémová metodologie: brána do řešení problémů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.  
vedoucí odboru

---

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.  
ředitel



### ***Abstrakt***

Tato diplomová práce se zabývá aditivací automobilových paliv a jejich účinky. Cílem bylo zhodnotit funkci a účinnost palivových aditiv přítomných v palivu na čerpacích stanicích, a následně paliva přiměřeně vylepšit dodatečnou aditivací jednotlivých chemických složek. V úvodní části práce jsou vysvětleny pojmy, funkce a procesy týkající se aditivace paliv a základů tribotechniky. V prakticky zaměřené části je zpracován proces testování vlastností paliv, jejich funkce, dodatečná aditivace a její dopad pro praktické využití je shrnut v závěrečné části

### ***Abstract***

This diploma thesis deals with the addition of automotive fuels and their effects. The aim was to evaluate the function and efficiency of fuel additives present in the fuel at gas stations, and subsequently to improve the fuels accordingly by adding additional individual chemical compounds. The theoretical part explains the concepts, functions and processes related to fuel additives and the basics of tribotechnology. The practical part deals with the process of testing the properties of fuels, their functions, additional additives and its impact for practical use.

### ***Klíčová slova***

aditivace, palivo, automobil, tribotechnika, tribologie, testování

### ***Keywords***

additives, fuel, automobile, tribotechnology, tribology, testing



### ***Bibliografická citace***

OBYTOVÁ, Eliška. Vliv používání aditiv do paliva u osobních vozidel [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-06-06]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127975>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Martin Bilík.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vliv používání aditiv do paliva u osobních vozidel“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně .....

.....

Podpis autora



### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Ing. et Ing. Bc. Martinu Bilíkovi, Ph.D. za ochotu a pomoc v průběhu tvorby diplomové práce. Jako další poděkování směřuji jednatelům firmy Ekolube, s.r.o., kteří mi pomáhali a zasvěcovali do problematiky tribologie. Také děkuji mé rodině a nejbližším, kteří byli mou silnou oporou v průběhu celého studia.



## OBSAH

1	ÚVOD .....	13
2	SOUČASNÝ STAV / REŠERŠE .....	14
2.1	Tribologie.....	14
2.1.1	Tribologický systém .....	15
2.2	Tribotechnika .....	16
2.3	Tření.....	16
2.3.1	Modifikátory tření .....	17
2.4	Opotřebení.....	17
2.4.1	Střih a vliv střihu na dlouho řetězcové sloučeniny .....	19
2.4.2	Vliv chemických látek na kovový povrch .....	19
2.5	Paliva.....	19
2.5.1	Kapalná paliva .....	20
2.5.2	Schválená paliva pro provoz vozidel v České republice.....	21
2.5.3	Biopaliva .....	21
2.5.4	Nové identifikační symboly na stojanech čerpacích stanic .....	21
2.6	Paliva pro zážehové motory .....	22
2.6.1	Odparnost benzínu .....	24
2.6.2	Spalování benzínu .....	26
2.6.3	Klepání motoru.....	26
2.7	Paliva pro vznětové motory .....	27
2.7.1	Spalování motorové nafty.....	29
2.8	Aditiva .....	30
2.8.1	Chemická struktura aditiv.....	31
2.8.2	Aditiva s povrchovým účinkem .....	31
2.8.3	Aditiva vylepšující olej.....	32
2.8.4	Aditiva chránící olej .....	32
2.9	Aditiva do paliva .....	33
2.9.1	Chemie benzinových palivových aditiv.....	34
2.9.2	Chemie naftových palivových aditiv .....	37
2.10	Základní Parametry vozidel využitých pro experimentální část .....	39
2.10.1	Zážehový motor.....	39
2.10.2	Vznětový motor .....	40
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	41
3.1	Bod vzplanutí .....	41

3.2	Pěnivostní zkouška .....	42
3.3	Cetanový index.....	44
3.4	Aplikace do Vozidel .....	46
3.4.1	Měření spotřeby vozidel .....	48
4	VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY .....	56
5	ZÁVĚR .....	57
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	59
7	SEZNAM TABULEK.....	61
8	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	62

# 1 ÚVOD

Mezi průměrnými spotřebiteli automobilových paliv koluje nepřeborné množství zavádějících informací a dezinformací, které ovlivňují nejen spotřebitelské chování v oblasti nákupu paliv, ale i o údržby svého vozidla.

Tyto informace jsou tvořeny převážně komunikací čerpacích stanic a dalších petrochemických společností se zákazníkem. Limity Evropské unie jsou často dodržovány na spodní hranici nároků na paliva a jejich distribuci. Slíbené vysoce aditivované produkty jsou mnohdy pouze zdánlivě výhodné a efektivní.

V této diplomové práci se autorka zaměřuje na rozklíčování problematiky aditivace paliv, jejich účinnost a praktické využití. V následujících částech bude porovnání ekonomického významu běžně dostupných produktů a výrobků, které vznikají v laboratoři tribotechniků. V praktické části je popsán výkonnostní i cenový rozdíl aditivovaných paliv a dále odpověď na otázku, zda jsou výrobci a prodejci paliv pouhými obchodníky, kteří směřují za co nejvyšším ziskem, či jsou odběrová místa, kde jsou paliva dostupná ke koupi místem tribotechnicky servisním pro veškerá vozidla.

Místem testování a sběru dat pro praktickou část diplomové práce byla laboratoř firmy Ekolube, s.r.o. v Brně, vybavena moderními i historickými přístroji, na kterých byla provedena veškerá měření. Přístroje byly obsluhovány a měření byla dozorována certifikovanými odborníky pro vývoj maziv a paliv, kteří dohlédli na správnost naměřených výsledků. Získané naměřené hodnoty z jednotlivých pokusů jsou sepsány v závěru každého pokusu, kde je obsaženo zhodnocení výsledku, případně porovnání mezi jednotlivými měření.

## 2 SOUČASNÝ STAV / REŠERŠE

V úvodní části diplomové práce budou vysvětleny základní pojmy a poznatky pro pochopení problematiky. Mezi základní pojmy lze řadit například obory tribologie a tribotechniky spolu s vysvětlením jejich významu, dalším výrazem, který lze řadit do základních pojmů jsou paliva, obsáhlá kapitola zahrnuje vysvětlení paliv jak pro zážehové motory, tak pro vznětové motory. Jako poslední nejdůležitější pojem jsou aditiva, kterým je věnována taktéž velká část práce. Veškeré výše zmíněné pojmy jsou nedílnou součástí pro uvědomění provázanosti všech těchto pojmů a pochopení problematiky,

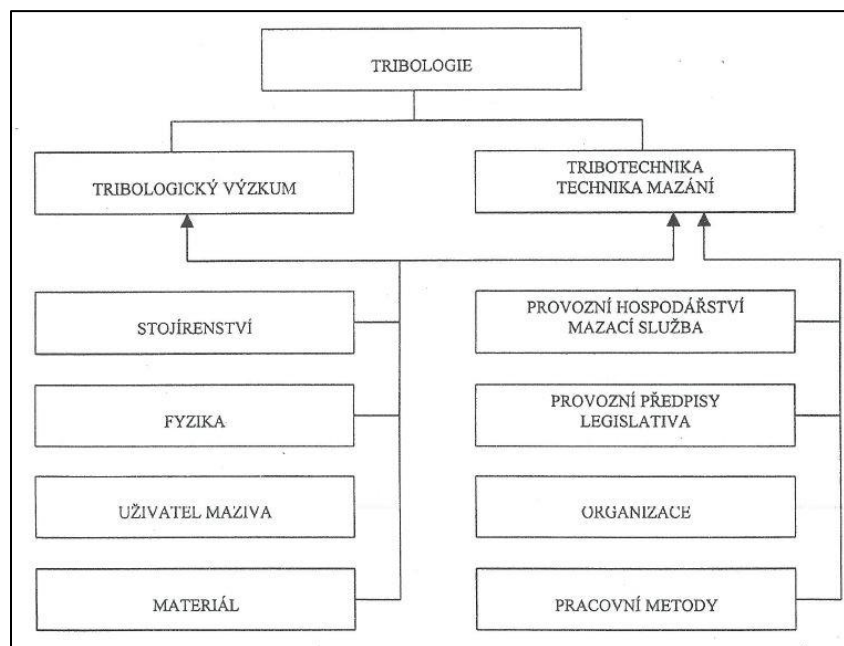
### 2.1 TRIBOLOGIE

Již v 18. století usiloval Charles Augustin Coulumb o doplnění představy, která se zakládala pouze na mechanické představě o tření. Až praxí se ukázalo, že konstruktéři, metalurgové, výrobci maziv a chemici mohou nalézt řešení jediné tak, pokud budou spolupracovat. Proto komplexní spojení vědy spolu s praxí v oblasti tření dala prostor pro vznik nového oboru tribologie. Souvislost mezi jednotlivými vědními obory ukazuje obrázek č. 1 [1].

Weseman z roku 1968 připomíná, že tribologie je složena z části oblastí chemie, fyziky a strojírenství [1].

Okolo roku 1966, kdy byla pod vedením P. H. Josta zpracována zpráva „Comitte on Lubrication (Tribology) Report“ týkající se tření, opotřebení a mazání, kde tribologii popisuje jako *„vědu a techniku vzájemného působení povrchů tuhých těles při jejich relativním pohybu a praxi s tím spojenou“* [1].

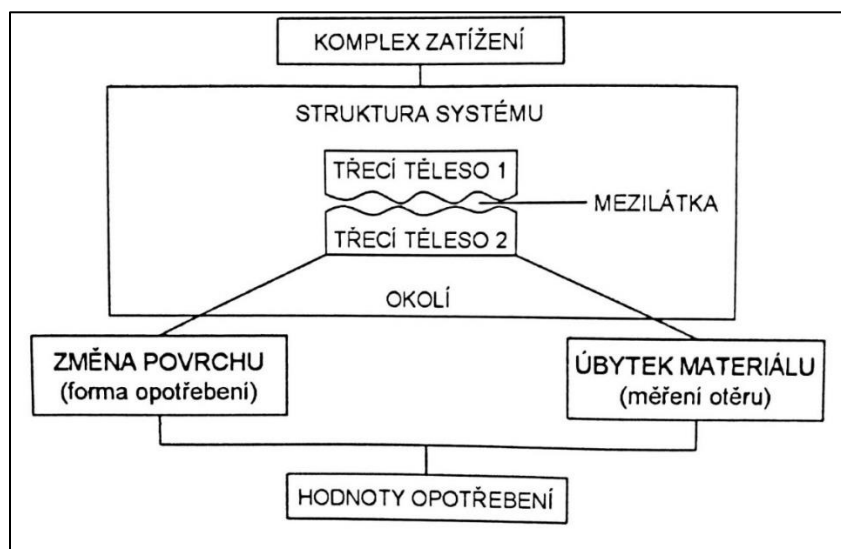
Již samotný základ tribo vychází z řeckého tribos, neboli v překladu tření. Jak je uveřejněno v publikaci, vysvětlují tribologii jako: *„Tribologie je nauka o vědeckém výzkumu a technickém použití zákonitostí a poznatků pro vědní obory tření, opotřebení a mazání. Jedná se o vědu, která se zabývá určováním všech možných reálných přírodních a umělých tribotechnických systémů“* [2].



**Obr. č. 1:** Obsah tribologie [3]

## 2.1.1 Tribologický systém

Jedná se o přirozený (klouby, pohybový aparát, kořeny rostlin atd.) nebo umělý (části technických systému vytvořených člověkem) materiální systém, kde na základní úrovni probíhá tření v důsledku vzájemného působení minimálně dvou struktur systémových prvků procesu. Hovoří se tedy o jednom třecím uzlu v základní struktuře [4].

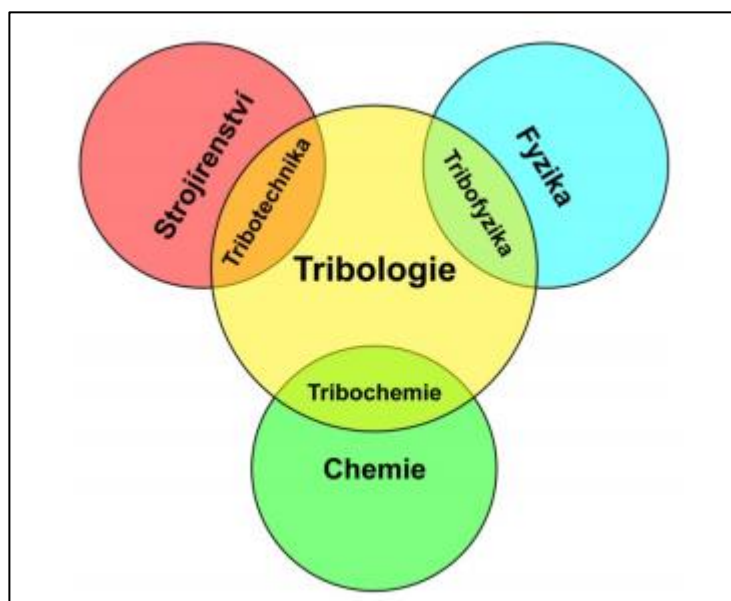


**Obr. č. 2:** Tribologický systém [4]

## 2.2 TRIBOTECHNIKA

Tribotechnika je vědní obor zabývající se aplikací tribologických zásad do konstrukce strojů a zařízení [3].

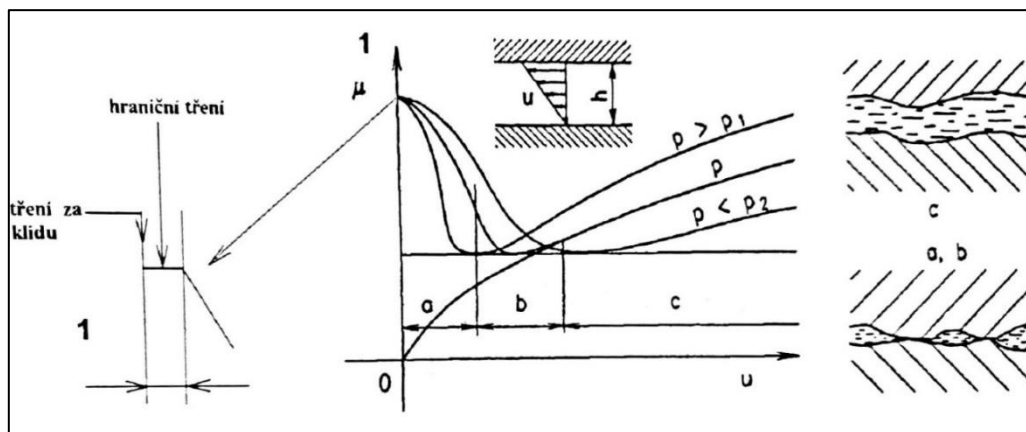
Zato [3] komentuje, že „Tribotechnika je věda o vzájemném působení při pohybu, obsahující veškeré komplexní otázky tření, opotřebení a mazání strojů.“



**Obr. č. 3:** Vztah tribologie s dalšími vědními obory [3]

## 2.3 TŘENÍ

Jednou z nejznámějších definicí je „Tření je odpor proti relativnímu pohybu vznikající mezi dvěma k sobě přitlačovanými tělesy v oblasti dotyku jejich povrchů v tangenciálním směru“ [1].



**Obr. č. 4:** Průběh Stribeckovy křivky ( $p$ ) a změny ( $p_1$ ), ( $p_2$ ) pro tlaky  $p_1 < p < p_2$  [5]



Oblasti tření, které jsou znázorněné na obrázku výše:

- oblast a – je oblast tření pevných látek (tzv. suché tření) – v adhezních vrstvách pevného skupenství,
- oblast b – je oblast smíšeného tření – nerovnosti povrchu (drsnot) se místy (v bodech) navzájem dotýkají (tření pevných látek) a místy jsou oddělena vrstvou mazací látky (mezilátky), v tomto případě jde o kapalinové tření,
- oblast c – oblast kapalinového tření – celý třecí proces probíhá ve vrstvě mezilátky (kapaliny) [5].

V praxi se setkává z pohledu vzájemného relativního pohybu dvou třecích těles, kde působí normálové síly, s těmito základními typy tření [5]:

- klidové (statické) – takové tření vzniká mezi tělesy, která se nepohybují vůči sobě, tedy jsou v klidu,
- smykové (vlečné, či kinematické) – které vzniká u těles, které mají posuvný pohyb,
- valivé (valivý odpor) – tento odpor vzniká při jeho valivém pohybu mezi tělesem, který má kruhový průřez a podložkou [5].

### 2.3.1 Modifikátory tření

Modifikátor tření jsou látky, které upravují vnitřní, nebo vnější tření těles, např. mezi stykovými plochami na požadovanou hodnotu [5].

Modifikátor tření především chrání před přímým kontaktem kov na kov. Tento přímý kontakt vede k rychlému opotřebení, které je nežádoucí. Současně tím i brání ztrátám energie za vzniku tepla, které vzniká nadměrným třením. Jsou používány obvykle vyšší mastné kyseliny, vyšší aminy, fosfáty, thio- a dithiokarbamáty atd., které nejsou účinné při vyšších teplotách a vyšším zatížení. Je to z toho důvodu, že tyto vyšší mastné kyseliny mají tendenci se rozkládat na kyseliny nižšího řádu za působení vysoké teploty [5].

Tyto modifikátory mohou snižovat koeficient tření (motorové oleje), nebo jej zvyšovat (synchrony v převodovce u automobilu) [5].

## 2.4 OPOTŘEBENÍ

Opotřebení lze popsat jako nežádoucí změnu povrchu, která vzniká oddělováním částic mechanickými účinky, je možné, že tyto mechanické účinky jsou v některých případech

doprovázeny chemickým nebo elektrochemickým, či elektrickým účinkem. Pokud se jedná jen o mechanickou povahu opotřebení, používá se pojem otěr [6].

Opotřebení se může definovat jako projev tribologického procesu probíhajícího v tribologickém systému a znamená trvalý úbytek materiálu z povrchů při vzájemném působení těchto funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a media. Opotřebení bývá považován jako důsledek tření vyjádřeno stálou změnou tvaru, změnou velikosti, nebo změnou vlastností vrstev materiálů povrchů pevných těles, případně jako nežádoucí změna povrchů, rozměrů pevných těles a podobně, které jsou způsobeny jejich vzájemným působením [6].

Pro určení a definování opotřebení je nutno vycházet z již definovaných třecích stavů. Faktory mající vliv na proces tření a opotřebení pevných těles se mohou rozdělit následujícím způsobem:

**Tab. č. 1:** Druhy opotřebení a jejich charakteristika [6]

<b>Druh opotřebení</b>	<b>Charakteristika</b>	<b>Příčina</b>
adhesivní otěr	oddělování částic materiálu působením meziatomovým sil mezi styčnými plochami během vzájemného relativního pohybu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mezi stykovými plochami není mazivo</li> <li>• mezi stykovými plochami je nesouvislá vrstva maziva</li> <li>• mazivo je ve formě tuhé vrstvy vytvořené uměle nebo působením prostředí</li> </ul>
abrazivní otěr	oddělování částic materiálu rýhováním a řezáním tvrdými částicemi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tvrdé částice volné nebo vázané v protilátce (abrazivní otěr prvního typu)</li> <li>• tvrdší drsný povrch jednoho z členů třecí dvojice (abrazivní otěr druhého typu)</li> </ul>
únavový otěr	oddělování částic a poruchy v podpovrchové nebo povrchové vrstvě materiálu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cyklické opakování stykového napětí určité velikosti mezi stýkajícími se povrchy (první typ)</li> <li>• porucha povrchové vrstvy křehkým lomem (druhý typ)</li> </ul>
vibrační otěr	oddělování částic a poškozování povrchu vzájemnými tangenciálními posuny malé amplitudy při působení normálního zatížení	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nepatrný vzájemný posun třecích povrchů pod určitým zatížením</li> </ul>

<b>Druh opotřebení</b>	<b>Charakteristika</b>	<b>Příčina</b>
erozivní otěr	oddělování částic a poškozování povrchu materiálu v důsledku proudění kapaliny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tvrdé částice nesené proudem kapaliny nebo plynu</li> <li>• proud kapaliny, kapek, páry nebo plynu</li> </ul>
kavitační opotřebení	oddělování částic a poškozování povrchu účinkem místních hydrodynamických rázů v proudící kapalině	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vytváření bublinek páry či plynu v kavitačních dutinách a jejich zánik při změně zatížení, který se děje s vysokou frekvencí</li> </ul>
chemické opotřebení	porušení povrchu materiálu chemickým účinkem prostředí, s nímž se povrch součástí stýká	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vznik pevně inoucí tvrdých produktů na povrchové vrstvě, které v případě porušení vedou k intenzivnímu opotřebení</li> <li>• zplodiny měkké povahy mohou mít dobré kluzné vlastnosti, při snadném odstraňování nastává rychlý otěr</li> </ul>

## 2.4.1 Střih a vliv střihu na dlouho řetězcové sloučeniny

U olejů, které obsahují polymerní přísady s dlouhými řetězci molekul, které se používají zejména k úpravě viskozitních vlastností olejů, dochází vlivem vysokého smykového spádu k degradaci těchto polymerů tzv. střihem. Střihová stabilita olejů se stanovuje jako změna viskozity u testované kapaliny, která je vystavena degradaci polymeru během střihu. Pro její stanovení se používá vstřikovací tryska vznětového motoru a pro tento test platí norma ČSN EN ISO 20844 [5].

## 2.4.2 Vliv chemických látek na kovový povrch

Tento vliv se odvíjí od typu chemické látky, tedy zda-li má látka povahu polární, nebo nepolární. Při volbě chemických látek, které přijdou do styku s kovovým povrchem a dalšími materiály ve strojním nebo motorovém systému, se musí zohlednit veškeré vlivy, které by mohly ovlivnit chování dané látky [5].

## 2.5 PALIVA

Rozeznáváme základní rozdělení paliva, konvenční a nukleární. Paliva konvenční uvolňují tepelnou energii na základě chemické reakce, především tedy na základě oxidace. Palivo lze definovat jako látku, jenž splňuje současně tři hlediska [6]:

- hledisko energetické – spalováním se uvolňuje značné množství tepla. Vztahuje se na jednotku hmotnosti, či objemu ( $\text{kJ.kg}$ ;  $\text{kJ} . \text{dm}$ )
- hledisko ekonomické – které vyžaduje za produkováný  $\text{kJ}$  minimální cenu a zohledňuje pro odběratele maximální cenovou dostupnost ( $\text{Kč/kg}$ )
- hledisko ochrany životního prostředí – myslí se tím ochrana proti znečištění ovzduší sírou, oxidy dusíku apod [6].

Paliva je možné dělit dle skupenství na:

- tuhá paliva – uhlí, dřevo, koks, rašelina,
- kapalná paliva – ropa, benzín, motorová nafta, topné oleje atd.,
- plynná paliva – zemní plyn, bahenní plyn, svítiplyn apod [6].

Další dělení, které se může zmínit je dělení dle stáří:

- recentní – dřevo,
- fosilní – uhlí, ropa, zemní plyn,
- přechodná – rašelina [6].

Vzhledem k povaze diplomové práce, se bude práce detailněji věnovat pouze palivům kapalným.

## 2.5.1 Kapalná paliva

Barva ropy je hnědá až černá, má olejovitou strukturu s hustotou menší než voda. Z chemického hlediska je ropa směs alkanů, cykloalkanů a arenů, kde se jejich vzájemný poměr liší dle místa výskytu. V ropě, kde je obsaženo větší množství dusíkatých a sirnatých látek, je ztíženo jejich následné chemické zpracování.

Doprava ropy je uskutečněna buď po moři v tankerech, či po souši ropovody. Následné zpracování spočívá v odstranění vody a hrubých příměsí. Dále se zpracovává kontinuálně v destilačních kolonách. V průběhu toho se získávají následující frakce [6]:

- uhlovodíkové plyny,
- benzínové frakce – do  $180^{\circ}\text{C}$ ,
- petrolejové frakce – do  $260^{\circ}\text{C}$ ,
- plynový olej – do  $400^{\circ}\text{C}$ ,
- destilační zbytek [6].

Uhlovodíkové plyny převážně obsahují propan a butan, jejich využití je jako palivo, či chemické suroviny. Benzínová frakce se hlavně používá jako palivo do zážehových motorů, nicméně taktéž slouží jako chemická surovina, či rozpouštědlo. Petrolejová frakce je určena pro vytápění, nebo jako palivo pro plynové turbíny a ke krakování. Plynový olej čili motorová nafta se dá též krakovat a využívá se jako palivo pro vznětové motory. Destilační zbytek je nazýván mazutem a používá se k topení, či se vakuově destiluje [6].

### **2.5.2 Schválená paliva pro provoz vozidel v České republice**

Dle zákona, který nedovoluje, aby byla pro provoz vozidel na pozemních komunikacích užívána jakákoli hořlavina, právní předpisy České republiky tedy přesně stanoví, jaká paliva mohou být používána pro provoz a jaké musí mít vlastnosti. Jestliže nejsou požadavky právních předpisů splněny, nesmí být palivo použito. Případně právní předpis umožňuje použít i palivo, které není vypsáno mezi schválenými palivy, ale obvykle to váže s sebou i souhlas s jeho použitím na doporučení výrobce motoru, který následně odpovídá za to, že při provozu s nestandardním palivem se nebudou vyskytovat, jak technické ani ekologické problémy [7].

### **2.5.3 Biopaliva**

Biopaliva jsou obecně produkty vyrobené z biomasy, které jsou určeny pro využití jako zdroj energie. Dle zákona č. 180/2007 Sb. mají povinné osoby (výrobci, distributoři paliv) uloženou bio povinnost, tedy zabezpečit přimíchání biosložek do pohonných hmot, které uvolňují do oběhu [8] [9].

Například společnost ČEPRO a.s., mají biosložky skladované ve zvláštních nádržích. Biosložky se poté přidávají ve stanoveném poměru za pomoci dávkovacího zařízení do benzinu nebo motorové nafty přímo na výdejní lávce před plněním do cisterny. Do biopaliv lze zařadit mnoho produktů vyrobených z obnovitelných zdrojů, avšak mezi nejrozšířenější se mohou zařadit tyto přísady [9]:

- bioetanol přidávaný do automobilového benzinu,
- bioETBE přidávaný do benzinu jako vysokooktanová komponenta při výrobě v rafinériích,
- FAME (MEŘO) určený k přimísení do motorové nafty [9].

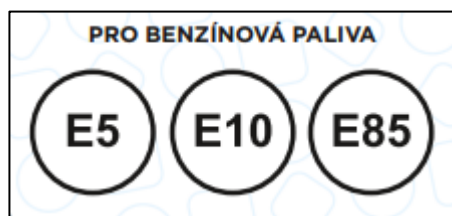
### **2.5.4 Nové identifikační symboly na stojanech čerpacích stanic**

Zavedení nové evropské normy do české legislativy ovšem neznamenalo změnu pro stávající evropské normy kvality: ISO EN 228 (automobilové benzíny) a ISO EN 590 (motorová nafta), pouze byly doplněny symboly na označení stojanů a výdejních pistolí, a to podle samostatné evropské normy EN 16942 [10].

Co se týče benzínu (Natural 95) je nové označení E5 v kroužku, což znamená zmíněný Natural 95 s 5% biolihu. Samotné písmeno E značí látku Etanol a číslovka vyjadřuje maximálně přípustný obsah biolihu. Toto je z důvodu emisních cílů a zvýšení podílu obnovitelných zdrojů. U označení E10, číslovka vyjadřuje maximálně přípustný objem biolihu v automobilovém benzínu (10% objemových) [10].

U motorové nafty se objevil symbol B7, který je ve čtverci. Číslovka značí, že motorová nafta může obsahovat až 7% biosložky, tedy maximálně přípustný obsah biosložky. Písmeno B je symbol pro biosložku [10].

Avšak na trhu se objevují i alternativní paliva. Jedná se o stlačený zemní plyn (CNG) a zkapalněnou směs propanu a butanu (LPG), které jsou známé v ČR. Normou je pro tyto paliva nařízena grafika např. plynná paliva v kosočtverci se zkratkou názvu plynného paliva CNG, LPG [10].



**Obr. č. 5:** Značení paliva pro zážehové motory [10]



**Obr. č. 6:** Značení paliva pro vznětové motory [10]



**Obr. č. 7:** Značení plynných paliv [10]

## 2.6 PALIVA PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY

Postavení Ottova motoru nebylo doposud překonáno jak po technické, tak po ekonomické stránce, avšak do vývoje tohoto motoru zasahují již dva aspekty, a to [6]:

- úsilí o hospodárnost,
- úsilí o ochranu životního prostředí [6].

Úsilí o maximální hospodárnost ve spotřebě paliva, souvisí i s omezením pronikání škodlivin do životního prostředí, tím se myslí převážně obsah uhlovodíků a oxidů dusíku. Potřeba zvýšení ochrany životního prostředí se v 70. letech odrazila v přísných legislativních opatřeních. Nově vyráběné motory musí splňovat jak požadavky ohledně hospodárnosti a tzv. „čistých“ výfukových plynů, tak i požadavky konzumace alternativních paliv, jako např. alkoholických, či plyných (propan-butan, zemní plyn, vodík). Konkurence, která postupně narůstá se snaží čelit narůstající modernizací, která se týká především těchto hledisek [6]:

- příprava směsi – má se na mysli dokonalejší karburátory, vstřikování benzínu, dokonalejší mechanické principy vstřikování,
- zapalování – např. bezkontaktní elektronické zapalování,
- zlepšení složení toxických – myslí se např. speciální sondy, které kontrolují a řídí optimální složení směsi nebo katalyzátory, které zneškodňují některé složky CH<sub>x</sub>, CO, NO<sub>x</sub>) [6].

Zahnálek [6] konstatuje, že tím že se zlepšují spalovací motory, umožňuje to spalování velmi chudých směsí, spolu s tím souvisí i zvýšení kompresních poměrů, což přináší zvýšení speciálního výkonu a tím pádem i lepší využití paliva. Zvýšením kompresního poměru se ukáže hlavně ve zmenšeném kompresním prostoru, tzn. menší ochlazovaný prostor, kde klesají tepelné ztráty, dále se projeví ve zlepšení hoření a spalování všech částí paliva. Toto zvyšování kompresního poměru má také své záporné stránky, které souvisí se zvyšujícími nároky na antidetonační vlastnosti paliva. V Evropě se po roku 1973 ustálil u běžných komerčních zážehových motorů osobních vozidel kompresní poměr v hodnotách 8,5 – 9,6:1 (záleží na požadovaném výkonu a dalších jiných parametrech) [6].

Zdroj [11] také konstatuje, že *„benzíny automobilové jsou směsi kapalných uhlovodíků vroucích v rozmezí 30 až 215 °C. Jsou určeny pro zážehové motory.“*

Jejich technické parametry jsou specifikovány normou ČSN EN 228. V síti čerpacích stanic si zákazníci mohou do svých aut se zážehovým motorem natankovat tyto druhy benzin [11]:

- benzin Natural 95 (BA 95 Super),
- benzin Natural 98 (BA 98 Super Plus) – od Natural 95 se liší oktanovým číslem ve výši minimálně 98, dle jakostní normy ČSN EN 228,

- benzin Optimal 95E – jedná se o speciálně aditivovaný druh benzínu, který má stejné kvalitativní parametry jako Natural 95, nicméně liší se zlepšenými vybranými užitnými vlastnostmi [11].

**Tab. č. 2:** Charakteristika automobilového benzínu [11]

Ukazatel	Jednotka	Super BA-95 (E5)		Super BA-95	
		Mezní hodnoty		Mezní hodnoty	
		min.	max.	min.	max.
Hustota při 15°C	kg/m <sup>3</sup>	720	775	720	775
Oktanové číslo výzkumnou metodou		95	-	95	-
Odpařené množství při 70°C		20,0/22,0	48,0/50,0	22,0/24,0	50,0/52,0
Odpařené množství při 100°		46	71	46	72
Odpařené množství při 150°		75	-	75	-
Konec destilace (FBP)		-	210	-	210
Obsah síry	mg/kg	-	10	-	10
Obsah etanolu	% (V/V)	-	5	-	10
Obsah kyslíku	% (m/m)	-	2,7	-	3,7

## 2.6.1 Odparnost benzínu

Základním parametrem benzínu je odparnost, čili těkavost. Je dána jeho frakčním složením. Frakční složení lze definovat jako tlak par, obsahem nízkovroucích podílů a destilační křivkou. Dle ČSN 65 6173, odkazuje na destilační zkoušku, kterou se zjišťuje závislost množství předdestilovaného benzínu na teplotě destilujících par. Při této zkoušce bylo dlouhodobě využíváno hned několik charakteristických bodů. Podstatou destilační zkoušky je založena na řízeném zahřívání 100 ml vzorku v destilační baňce. Páry, které vzniknou se ochlazují v chladiči a kondenzát, který vznikne se jímá v odměrné nádobě, z výsledků zkoušky se pak sestrojí tzv. destilační křivka, která vyjadřuje závislost množství předdestilovaného benzínu na teplotě [12] [13].

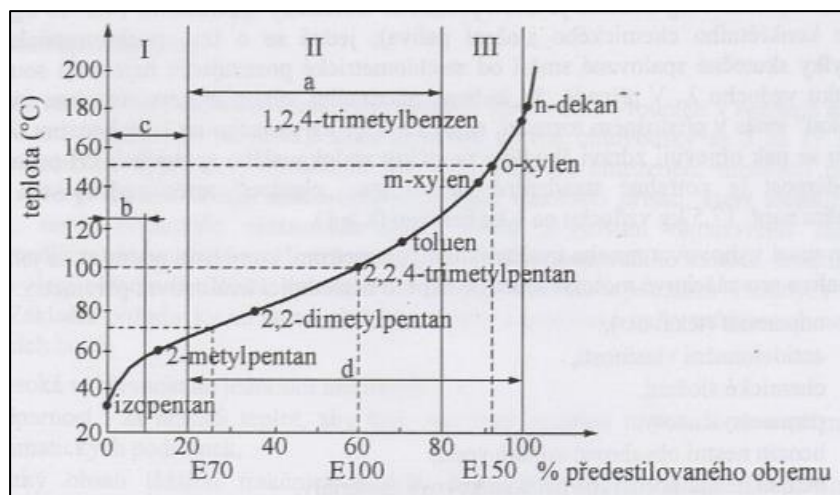
Na obr. č. 8 lze vidět destilační křivku benzínu, dle názorů některých autorů, mají tyto charakteristické body dosud vztah k provoznímu posouzení spalovacího procesu zážehového



motoru, díky tomu jsou uvedeny spolu s požadavky ČSN EN 228 a dalšími souvisejícími normami, může se jednat například o tyto teploty [12]:

- počátek destilace – charakterizuje obsah nízkovroucích uhlovodíků,
- 10% bod – je teplota, při které predestilovalo 10% objemu. To odpovídá přibližně varnému bodu benzínu a definuje snadnost spouštění hlavně studeného motoru,
- 50% bod – udává pracovní frakci benzínu, čím nižší je teplota, tím se motor po startu rychleji prohřívá čímž dosahuje požadovaného výkonu a pracuje rovnoměrně. Čím je teplota naopak vyšší, tím pomaleji se motor rozbíhá, dále má motor větší spotřebu a daleko více nežádoucích produktů nedokonalého spalování,
- 95% bod – ovlivňuje naředění mazacího oleje benzínem v případě, že benzín má v obsahu podíly s vysokým bodem varu a potom jejich hojné množství neshoří a během kompresního zdvihu se nestačí odpařit, a tím pádem jsou zasaženy plamenem v kapalném stavu. Hoří jen povrchově, neúplně krakují a kapalný zbytek trvale naředí a znehodnotí mazací olej. Obecně lze konstatovat, že podíly predestilované za teplot nad  $150^{\circ}\text{C}$  jsou nežádoucí.
- ukončení destilace – konec destilace je při maximální teplotě  $210^{\circ}\text{C}$  [12].

Vysvětlení obrázku níže: I – přední frakce; II – střední, pracovní frakce; III – konečná frakce. Rozsahy vyjádřené jednotlivými úsečkami mohou dle zkušeností ovlivňovat spotřebu při dálkové jízdě, zamrzání karburátoru, ovlivňuje sklon ke zhasínání horkého motoru a rychlost ohřívání motoru. Dále má vliv na tvorbu parních polštářů a startování studeného motoru. V poslední řadě působí na startování horkého motoru a na výkon motoru, studený start a chod neprohřátého motoru [12].



**Obr. č. 8:** Destilační křivka benzínu a její vliv na chování zážehového motoru [12]

## 2.6.2 Spalování benzínu

Uvažuje se, že dokonalým spálením 1 litru benzínu se uvolní energie zhruba 32 340 kJ a vznikne z tohoto procesu asi 2,5 kg CO<sub>2</sub> a 1 kg H<sub>2</sub>O. Pokud je příznivé složení směsi, vyvolá se hoření zážehnutím. Jiskra zapálí velmi malý objem směsi a vytvoří ohnisko zážehu, od tohoto ohniska je do směsi předávána energie a hoření se postupně šíří do dalšího objemu směsi. Rychlost hoření je relativně nízká, dosahuje zhruba 2–3 m.s<sup>-1</sup>. Zvýšení rychlosti se dosahuje turbulencí, které se zajišťují velkou rychlostí směsi při vstupu do válce, také tvarem sacího potrubí a sacího kanálu či tvarem dna pístu [12].

Vlivem difuze hořících proudů do nespálené směsi v turbulentním prostředí vznikají druhotná ohniska zážehu a rychlost hoření vzrůstá dokonce na 30–70 m.s<sup>-1</sup>. U zážehových motorů, které dosahují kolem 5 000 ot/min znamená, že proces spalování směsi proběhne zhruba v rozmezí 40–70 stupňů otočení klikového hřídele. Tento způsob, jakým se spaluje směs se pokládá za normální, v praxi se nicméně může dojít k časově neřízenému zážehu a nekontrolovanému hoření palivové směsi. Jako příčinu lze považovat libovolné horké místo ve spalovacím prostoru, např. žhnoucí úsady, přehřáté hlavy válců a ventily či přehřátá svíčka atd. Projevem nekontrolovaného hoření je nesprávný termín, avšak běžně česky nazváno a tento termín je tzv. klepání [12].

## 2.6.3 Klepání motoru

Klepání je dobře slyšitelné převážně při nízkých otáčkách, vztahuje se obvykle k oktanovému číslu paliva a se zvýšením otáček klepání zpravidla mizí. Pokud dojde ke klepání při vysokých otáčkách, může to být způsobeno tlakovou vlnou-nejde o mechanické nárazy částí motoru. Je to důsledkem spontánního vznícení směsi obvykle při zvýšené teplotě a tlaku, kdy došlo

ke zvýšení koncentrace volných radikálů a shoření směsi proběhne téměř najednou v celém objemu. Rychlost dosahuje řádově stovek  $m.s^{-1}$  [12].

Spontánní vznícení a klepání motoru závisí na teplotě, oktanovém čísle benzínu, tlaku a velikosti předstihu zážehu. Pokud dojde k většímu předstihu, shoří většina směsi dříve, než píst dosáhne horní úvratě a zároveň dochází k zmenšení objemu spalovacího prostoru, výsledkem je prudký nárůst teploty a tlaku (při menším předstihu stoupá teplota a tlak méně) a vznícení se oddálí, případně k němu vůbec nedojde [12].

Lze konstatovat, že nekontrolované hoření se dá charakterizovat následujícími způsoby:

- tzv. pinking – dobře slyšitelné klepání u příliš velkého předstihu zážehu,
- zapálení od přespříliš horkých částí povrchu motoru nedoprovázené klepáním,
- tzv. wild pink – zapálení od přespříliš horkých částí povrchu motoru doprovázené klepáním,
- tzv. pozápaly (run on) – zapálení od příliš horkých částí povrchu motoru po vypnutí zapalování,
- tzv. rumbling – motor vydává hluboký zvuk a má tvrdý chod,
- trvalé předzápaly od příliš horkých zapalovacích svíček [12].

Další zdroj [14] uvádí i tzv. super-knocking – z anglického low-speed pre-ignition (LSPI) je spontánní zapálení směsi paliva a vzduchu před zapalováním spouštěným jiskrou. Je to další verze předzápalu. V tomto případě se však vyskytuje za podmínek nízké rychlosti a vysokého točivého momentu převážně u přeplňovaných benzínových motorů s přímým vstřikováním a je mnohem ničivější než typický předzápal.

## 2.7 PALIVA PRO VZNĚTOVÉ MOTORY

Vznětové motory jsou rozšířeny v silniční dopravě hlavně jako pohonné jednotky těžších nákladních vozů. Příčina, proč je vznětový motor rozšířený je hlavně díky tepelné účinnosti, zvláště při částečném zatížení. Z tohoto zatížení plyne menší cestovní spotřeba v porovnání se zážehovým motorem. U vznětového motoru se vytýká jeho velká měrná hmotnost, karcinogenost výfukových plynů, kouřivost výfuku, hlučnost, menší pružnost, potřeba větší baterie a výkonnějšího startéru [6].

Dále [15] popisuje že motorová nafta je kapalné palivo pro vznětové motory, která je směs kapalných uhlovodíků, jejichž bod varu je v rozmezí od 150 až 370 °C.

Motorová nafta může obsahovat přísady ke zlepšení užitných vlastností, jsou definovány normou ČSN EN 590.

**Tab. č. 3:** Charakteristika motorové nafty [15]

Ukazatel	Jednotka	Motorová nafta			
		třída B	třída D	třída F	třída 2
Hustota při 15°C	kg/m <sup>3</sup>	820,0–845,0	820,0 -845,0	820,0 – 845,0	800,0 – 840,0
Cetanové číslo		min. 51,0	min. 51,0	min. 51,0	min. 48,0
Obsah síry	mg/kg	max. 10,0	max. 10,0	max. 10,0	max. 10,0
Viskozita při 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50	2,00 – 4,50	1,50 – 4,50
Bod vzplanutí	°C	nad 55	nad 55	nad 55	
Destilační zkouška:					
při 180°C předest.	% (V/V)				max. 10
při 250°C předest.	% (V/V)	<65	<65	<65	
při 340°C předest.	% (V/V)				min. 95
při 350°C předest.	% (V/V)	min. 85	min. 85	min. 85	
95% (V/V) předest.	°C	max. 360	max. 360	max. 360	
Filtrovatelnost CFPP	°C	max. 0	max. -10	max. -20	max. -32
Období dle klimatických podmínek		mírné klima	mírné klima	mírné klima	arktické klima
		15.4. – 30.9.	1.10. – 15.11.	16.11.-28.2.	
			1.3.- 14.4.		
Obsah metylesterů mastných kyselin (FAME)	% (V/V)	max. 7,0	max. 7,0	max. 7,0	

Za jednu z nejdůležitějších vlastností je chování motorové nafty za nízkých teplot. Od počátku používání nafty, byly na trhu dva druhy – letní a zimní. Ty se od sebe lišily svým bodem

tuhnutí. Avšak bod tuhnutí charakterizuje chování motorové nafty za nízkých teplot zcela nedostatečně, proto se zaváděly další parametry, jež by měly lepší vypovídací schopnost. V 60. letech se s bodem tuhnutí objevil bod zákalu, což je teplota, při které se začnou vylučovat první krystalky pevných parafinů. Avšak ani tato kombinace dostatečně nepopisovala chování nafty za nízkých teplot, proto od druhé poloviny 70. let bod zákalu byl nahrazen bodem filtrovatelnosti. Bod filtrovatelnosti je nejnížší teplota, při které zkoušená motorová nafta ještě prochází přes sítko s jasně definovanou velikostí ok [15].

K zajištění bezporuchového chodu vznětových motorů za silných mrazů se vyrábí tzv. arktická motorová nafta s filtrovatelností nižší než  $-32^{\circ}\text{C}$  a bodem zákalu nižším než  $-22^{\circ}\text{C}$  jež je některými distribučními společnostmi nabízena u vybraných čerpacích stanic, např. Krkonoše, Šumava, Vysočina. Taktéž stejný typ motorové nafty využívají ozbrojené složky [15].

### **2.7.1 Spalování motorové nafty**

U vznětových motorů převládá spalování směsi, která se tvoří přímým vysokotlakým vstřikováním kapalného paliva, tedy motorové nafty, jež je po výstupu z trysky vysokou rychlostí rozprášena a rozmístěna do celého objemu spalovacího prostoru. Taková rychlost se pohybuje více jak  $500\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Palivo vstříknuté krátce před horní úvratí pístu do vzduchu ohřátého rychlým stlačením v kompresním prostoru se bez zážehu z cizího zdroje bezprostředně vznítí a hoří, při poměrně nízkém teplotním spádu mezi teplotou vznícení paliva a teplotou náplně v kompresním prostoru se však palivo nevznítí okamžitě, ovšem ale s určitým zpožděním, tato situace se nazývá prodleva vznětu. V době, která uběhne mezi vstupem prvních částic paliva do spalovacího prostoru a mezi počátkem hoření, probíhá chemická a fyzikální příprava. Palivo, které je rozprášené se ohřívá, odpařuje se a uhlovodíky se štěpí, chemické reakce doprovází vznik radikálů. Velký důraz je kladen na vliv rozprášení a promísení se vzduchem, což probíhá difúzními procesy [12].

V procesu vznícení a krátce po vzplanutí prvních částic se zvyšuje tlak na píst, který se pohybuje k horní úvrati relativně v pomalé rychlosti, jelikož vyvinuté teplo se spotřebovává na přípravu dále vstřikovaného paliva. Je to doba, která trvá zhruba dvě tisíce vteřiny, nicméně představuje skoro polovinu celkové doby vstřikování, to vysvětluje, proč je ve spalovacím prostoru již nahromaděna podstatná část celé dávky paliva připadající na jeden pracovní oběh. Kineticky se nafta vznítí a uvolněné teplo má za následek rychlý nárůst tlaku, které vede k tvrdšímu chodu vznětových motorů vzhledem k motorům zážehovým. Prodleva vznětu trvá jen několik tisícín sekund, proto zůstává i po fyzikální přípravě část paliva ve tvaru kapiček, za přítomnosti pak dostatečného množství vzduchu se spaluje palivo přímo. Tyto kapičky se ohřívají na

povrchu a při teplotách více jak 400 °C dojde ke štěpení vyšších kapalných uhlovodíků na jednodušší formy, to má za následek vznik uhlíku, které vytváří saze [12].

Za stejných podmínek se musí brát v potaz některé parametry motoru, mezi tyto parametry se řadí schopnost vznětu a doba jeho prodlevy, schopnost motoru řádně startovat za nízkých teplot, hluk, výkon, spotřeba, emise atd. Chemické složení paliva se hodnotí cetanovým číslem, které se zkouší na jednoválcovém motoru s proměnným kompresním poměrem, který je podobný jako motor, kterým se hodnotí oktanové číslo, nicméně pracuje za konstantních podmínek a kompresní poměr se mění zasouváním horizontálně umístěného pístu [12].

Princip stanovení cetanového čísla, spočívá v nalezení ekvivalentní směsi dvou referenčních paliv, původně se jednalo o metyl-naftalén (CČ=0), který je odolný proti vznícení a cetan, jenž má dostatečnou schopnost vznícení (CČ=100). Metyl-naftalén byl později substituován heptametylnonanem, jenž má CČ=15 [12].

Pomocí motorové metody je stanovení cetanového čísla náročné, proto se již v současné době používá jen jako charakteristika schopnosti vznícení cetanový index. Tento cetanový index se skládá z výpočtu hustoty a teploty, při které se predestilovalo 50% zkoumaného paliva. V porovnání od zážehového motoru je možnost u vznětového motoru řídit průběh hoření, to se děje například časování začátku vstřiku, krácením či prodlužováním jeho doby, a tím tedy i dobu hoření. Vznícení je možné vyvolat první dávkou paliva, kde v průběhu hoření nebo dohořívání přidat další dávku, která se vstříkne do spalovacího prostoru s vysokou teplotou. Tím dojde k okamžitému vznícení a celkovému shoření směsi [12].

## 2.8 ADITIVA

Dle publikace od Čorňáka, Balíka, Bartáka [13] se dají aditiva považovat za chemické přísady, které mají zlepšovat vlastnosti maziv. Množství aditiv a druhy jednotlivých aditiv udávají výrobci podle norem, praktických zkoušek a podle způsobu užití. Všeobecně aditiva se mohou dělit na tři skupiny:

- aditiva na ochranu povrchů – mezi ně se mohou řadit detergenty, disperzanty, antikoroziční a třecí přísady, či přísady zlepšující ochranu proti vysokému tlaku a opotřebení,
- aditiva pro zlepšení jakosti maziv – do této kategorie se řadí modifikátory viskozity, zvyšovače přilnavosti, či snižovače bodu tuhnutí, přísady chránící elastomery,
- aditiva pro ochranu maziv – inhibitory oxidace, deaktivátory kovů nebo látky proti pěnění [13].

## 2.8.1 Chemická struktura aditiv

Podle chemické struktury aditiv, se mohou aditiva dále dělit na dvě základní skupiny [13]:

- polární aditiva,
- nepolární aditiva.

V obsahu polárních aditiv jsou polární látky a jsou tzv. povrchově aktivní. Tyto polární látky jsou látky chemické, kdy jejich molekuly jsou nesymetrické, tudíž na jejich koncích vznikají elektrické náboje. Tyto náboje přitahují molekuly k povrchům (např. k povrchu pístu ve válci motoru), kde na povrchu vytvoří tenký film, který v závislosti na chemickém složení aditiva zvyšuje jeho odolnost proti korozi nebo proti usazování nečistot, či proti poškození vysokým tlakem atd. Co se týče nepolárních aditiv, ty jsou povrchově neaktivní, tedy nejsou přitahována k povrchům, nýbrž jsou rozptýlena v celém objemu maziva rovnoměrně. Tato aditiva jsou významná, jelikož zlepšují viskozitu maziva, chrání pryžová těsnění proti poškození nebo i napomáhají snižovat bod tuhnutí maziva [13].

## 2.8.2 Aditiva s povrchovým účinkem

Tato aditiva se nadále rozdělují, dle popisu jednotlivých typů aditiv podle jejich účinků [12]:

- detergenty,
- disperzanty,
- zlepšující ochranu proti působení vysokého tlaku, či proti opotřebení,
- zvyšující ochranu proti korozi,
- upravující tření [12].

Detergenty zamezují v usazování zejména vysokoteplotních produktů degradace oleje a nečistot na povrchu, popř. již vytvořené nečistoty dokážou rozpustit. Pomocí detergentů mazivo dokáže lépe přilnout k mazaným plochám. Pokud se jedná např. o ochranu pístu ve válci, hrají v tomto podstatnou roli, a to kdy vlivem vysokých teplot dochází k uvolňování uhlíku, který má v povaze se usazovat na pracovních plochách pístu. Usazeniny, které v průběhu vznikají způsobují vznik netěsností vlivem mechanického poškození, či změnou tvaru, která je zapříčiněna nánosem nečistot [12].

Disperzanty zabraňují v tvorbě shluků částic degradace oleje tak, aby je udržely v koloidním suspenzovaném stavu a zabránily tak tvorbě kalů a následnému ucpání pórů filtru. Tyto disperzanty obalí mechanické mikroskopické, či kapalné nečistoty, a tak dokáže zamezit jejich

koncentraci a usazování. Pod vlivem disperzantu se nečistoty vznášejí rovnoměrně v celém objemu maziva a pomocí toho se zabráňují zablokování olejových kanálů a filtrů [12].

Aditiva zlepšující ochranu proti působení vysokého tlaku, či proti opotřebením chrání před opotřebením hlavně ocelové části, které se o sebe třou pod vysokým tlakem. Tato aditiva vytvoří chemickou reakci na povrchu kovu odolnou vrstvu, čímž zamezí kontaktu kovu na kov [12].

### **2.8.3 Aditiva vylepšující olej**

Aditiva, která mají za úkol olej zlepšit se dělí následovně [12]:

- aditiva zlepšující viskozitu,
- aditiva snižující bod tuhnutí,
- aditiva chránící elastomery [12].

Aditiva zlepšující viskozitu mají za úkol stabilizovat viskozitu maziva, tzn. viskozita maziva je méně závislá na teplotě, čímž rozšiřují teplotní rozsah, v jakém je mazivo schopno plnit svou funkci. Pokud se snižuje teplota, viskozita maziva stoupá, pokud se ale teplota zvyšuje, viskozita maziva klesá. Změny viskozity maziva, mají dopad také na tloušťku mazacího filmu a taktéž na ztráty energie, které vznikají překonáváním odporu maziva [12].

Aditiva, která snižují bod tuhnutí, snižují možnost vylučování krystalků parafinu v mazivu v nízkých teplotách. V těchto nízkých teplotách dochází u minerálních olejů k vylučování parafinu a taktéž ke zvyšování hustoty. Jeho nekonzistentnost a zvýšená hustota zhoršuje kvalitu mazání a taktéž zvyšuje ztráty energie z důvodu odporu maziva [12].

Aditiva chránící elastomery zpomalují stárnutí pryžových a umělohmotných částí, které jsou ve styku s mazivem a to tak, že zamezují chemické degradaci elastomerů, které jsou obsaženy v pryžových a plastových dílech. To, aby pryžové a plastové části byly stále pružné (elastické), zajišťují elastomery [12].

### **2.8.4 Aditiva chránící olej**

Olej chránící aditiva se dají rozdělit takto [12]:

- zpomalovač stárnutí,
- deaktivátor kovů,
- aditiva snižující pěnovost [12]

Zpomalovače zmírňují chemickou degradaci maziva, dochází k tomu především za vyšších teplot. Likvidace oxidačních činidel zapříchňuje vzniku nežádoucích chemických sloučenin, které



zmenšují životnost maziva. Tato chemická degradace způsobuje, že mazivo tmavne a dochází tím ke zvyšování viskozity [12].

Tyto deaktivátory kovů brání chemické reakci, která probíhá na povrchu mikroskopických kovových částech, které jsou přítomny v mazivu (např. ocel nebo měď). Při tření kovu o kov vznikají kovové částčky, které působí jako katalyzátor chemických degradačních procesů. Vytvořený ochranný film, který vznikne kolem částek kovu je tak zamezeno katalytickým chemickým reakcím a tím je zpomaleno stárnutí maziva [12]

Aditiva, která mají za úkol snižovat pěnovost potlačují vznik olejové pěny. Tím, že se intenzivně promíchá olej se vzduchem dochází k tvorbě pěny, která má za následek urychlení stárnutí maziva neboli usnadňuje oxidaci, dále zvyšuje stlačitelnost maziva a může způsobit i únik maziva z motoru [12]

## **2.9 ADITIVA DO PALIVA**

Odvětví, které se specializuje na palivová aditiva si dlouho uvědomuje potřebu zajistit utvrzení, aby při řešení jednoho problému, když se použije palivové aditivum, nevytvořil problém další. Výrobky byly schváleny k užívání, pokud se rafinerie a výrobci utvrdili, že se kvůli použití určitých přísad do paliv neobjeví žádné nežádoucí účinky v provozu. Toho se obvykle dosahuje prováděním rozsáhlých laboratorních a motorových testů, které se provádějí za účelem prokázání nezávadnosti při používání palivových aditiv [16].

Povědomí o potřebě takových zkoušek vychází ze spolupráce mezi ropnými rafineriemi, maloobchodníky, výrobci palivových aditiv, výrobci vozidel a motorů. Jsou-li v provozu zaznamenány nějaké problémy, přijdou na řadu zkušební metody pro simulaci vývoje, které umožňují testovat přísady do paliva na dohodnutou úroveň výkonu. Níže uvedené příklady tohoto procesu ukazují, jak se palivové přísady a zkušební metody vyvinuly, aby překonaly problémy s nežádoucími vedlejšími účinky v minulosti [16].

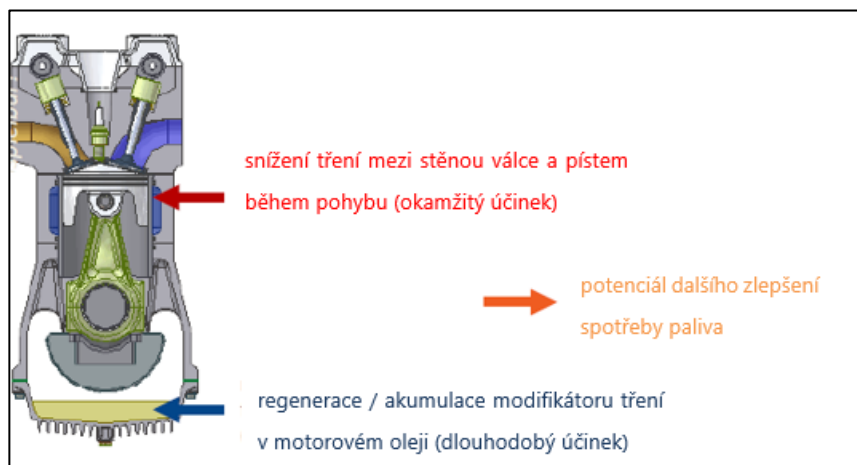
Bylo například zjištěno, že některé přísady pro snížení usazenin v benzínu umožňují na rozhraní dřívku sacího ventilu s vodítkem vytvoření filmu, jehož viskozita se velmi významně zvýší při nízkých teplotách v okolí. V těchto podmínkách může při studeném startování bezprostředně před spuštěním jeden nebo více sacích ventilů zůstat otevřených, přičemž stlačená pružina ventilu nemůže ventil včas zavřít, aby umožnila dostatečný nárůst tlaku ve válci. Výrobci aditiv na tento problém reagovali tím, že vyvíjeli dle konkrétního zkušebního postupu a s použitím motoru, o kterém bylo uvedeno, že je tímto problémem vážně ovlivněn. Tento testovací postup je nyní standardním pro multifunkční balíčky aditiv na benzín [16].

## 2.9.1 Chemie benzinových palivových aditiv

### Modifikátory tření

Aditiva modifikující tření jsou dobře známá a široce používaná v balíčcích aditiv pro maziva klikové skříně. Jsou to obecně přímé uhlovodíkové řetězce se skupinou polárních hlav. Typické skupiny polárních hlav zahrnují aminy, amidy a jejich deriváty nebo karboxylové kyseliny a jejich deriváty. Skupiny polárních hlav jsou přitahovány ke kovovým povrchům, jako jsou stěny válců a stírací plochy pístních kroužků, kde vytvářejí relativně silné vazby, zatímco dlouhý uhlovodíkový konec zůstává rozpuštěn ve filmu mazacího oleje. Povaha skupiny polárních hlav a struktura uhlovodíkového řetězce mají silný dopad na koeficient tření mezi stykovými plochami [16].

Účelem třecích modifikátorů používaných v palivu je snížení ztrát energie z tření ve spalovacích motorech [16].



**Obr. č. 9:** Modifikátor tření a jeho funkce [16]

### Inhibitory koroze

Inhibitor je látka či přísada, která má za účel co nejefektivněji zpomalit proces stárnutí.

Inhibitory koroze se obvykle skládají z polární hlavy, která zajišťuje adhezi ke kovovým povrchům a uhlovodíkové frakce, jenž má vliv na rozpustnost paliva. Účinné inhibitory koroze zahrnují karboxylové kyseliny, anhydridy, aminy a aminové soli karboxylových kyselin [16].



**Obr. č. 10:** Rozdíl mezi rezavou a čistou sondou [16]

Voda spojená s benzínem či voda infiltrující z vnějších zdrojů se spojuje se vzduchem, napadá železo a jiné kovové povrchy jak v distribuci paliva, tak v palivových systémech vozidel. Koroze železných kovů vytváří rez, zatímco jiné kovové povrchy se mohou zhoršit, i pokud chybí jen účinný inhibitor koroze. Koroze palivového systému může mít velmi vážné důsledky, zejména při širokém používání složitých a přesných zařízení, jako jsou dávkovací čerpadla paliva a vstřikovače. Rez z koroze může také blokovat palivové filtry a potrubí. Ochrana před korozí je proto nezbytná pro spolehlivý provoz a dlouhou životnost palivových nádrží, rozvodů paliva a palivových systémů vozidel [16].

#### Molekuly deaktivátoru kovů

Nejběžněji používanou přísadou deaktivátoru kovů je N, N'-disalicyliden-1,2-propandiamin, který má schopnost „klecovat“ rozpuštěné kovové ionty. Přítomnost kovů, zejména mědi, v benzínu je spojena se sníženou oxidační stabilitou [16].

Je známo, že rozpustné kovové soli přítomné v benzínu podporují nestabilitu v palivovém systému a na sacích ventilech. Přítomnost mědi je zvláště spojována s nestabilitou v palivech, její přítomnost ve formě rozpustné soli i při velmi nízkých úrovních může výrazně snížit stabilitu paliva, což má za následek popsané nepříznivé účinky [16].

#### Demulgátor

Demulgátory jsou komplexní směsi nejrůznějších chemikálií alkoxylátu. Mohou být použity v rafinériích, systémech skladování paliva k prevenci emulzí na bázi vody vytvořených v palivech [16].

Mícháním, zejména v přítomnosti dalších přísad, se může voda objevovat ve formě stabilní emulze. Problémy spojené s emulzemi jsou například: zablokování palivových filtrů, podpora mikrobiálního růstu a koroze. Rovněž je patrný mlhavý vzhled paliva, což může snížit hodnotu

paliva. Odvlhčovače jsou rozrušovače emulzí aplikované na paliva. Tyto přísady mohou být přidávány do zakaleného paliva při skladování, aby se tyto emulze rozbily a zajistilo se odstranění vody z paliva. Demulgátory jsou rozrušovače emulzí aplikované na mazací a jiné oleje. Preventivní prostředky na emulzi jsou speciálně navrženy pro práci s dalšími složkami výkonového balíčku, aby se zabránilo tomu, aby směsné palivo a složení obalu vytvářely emulze s jakoukoli vodou, která je v kontaktu s palivovými distribučními systémy [16].



**Obr. č. 11:** Fáze separace vody od paliva [16]

#### Koroze měď / stříbro

Přítomnost sloučenin síry v benzínu může mít korozivní účinek na neželezné kovy. Korozní testy mědi se již mnoho let používají k hodnocení potenciálních účinků přítomných sloučenin síry, ale rostoucí použití stříbra nebo slitin stříbra v elektronických senzorech používaných v moderních automobilových palivových systémech prokázalo jejich vyšší náchylnost ke korozi při nízkých úrovních sloučenin síry v palivu. Výroba benzínu s nízkým obsahem síry rafinací v rafinérii paradoxně zhoršila problém odstranění sloučenin, které poskytly určitou přirozenou ochranu proti korozi kontaktů stříbra. V rafinérii se často zpracovává benzín s nízkým obsahem síry právě proto, aby se zabránilo tomuto typu koroze [16].

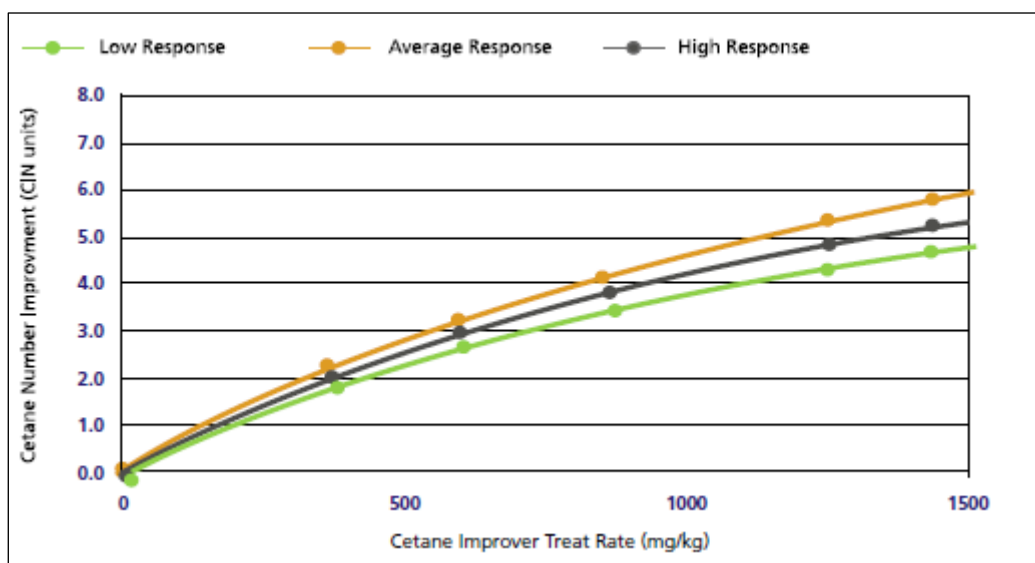
Přísady inhibitoru koroze měď / stříbro působí jako filmo-tvorné látky, které vytvářejí bariéru na kovových površích, čímž zabraňují síře v reakci s povrchem [16].

## 2.9.2 Chemie naftových palivových aditiv

### Látky zlepšující cetanové číslo

Přísady na zlepšení cetanového čísla jsou převážně alkylnitráty, z nichž je nejběžnější 2-ethylhexylnitrát, který se již více než osmdesát let používá ke zvýšení cetanového čísla motorové nafty [16].

Účelem přísad na zlepšení cetanového čísla je poskytovat efektivní zvýšení kvality nafty. Naftový motor závisí na samovznícení paliva vstřikovaného do lapače stlačeného vzduchu ve spalovací komoře. Cetanová kvalita motorové nafty je dána jako snadnost, s jakou se palivo vznítí, zvýšené cetanové číslo odpovídá sníženému zpoždění zapalování. Provoz vznětového motoru na nedostatečně kvalitní cetanové palivo má za následek špatné startovací vlastnosti, zejména za chladného počasí, dále pak výrazné emise kouře či vyšší hladinu hluku nebo dokonce vyšší spotřebu paliva. Vyšší kvalita cetanu je proto u motorové nafty velmi žádoucí vlastností [16].



**Obr. č. 12:** Znázornění předpokládající reaktivitu cetanového zvyšovače na nízké, střední a vysoce vnímavou naftu [16]

### Protipěnovostní přísady

Protipěnovostní přísady jsou sloučeniny na bázi polysiloxanu. Motorová nafta má tendenci zachytávat vzduch a během doplňování paliva do nádrže vozidla vytvářet pěnu. V dnešní době je pěna je častějším problémem, zejména kvůli zvyšujícímu počtu osobních automobilů s naftovým motorem. Nádrže mívají nepravidelné tvary a úzké plnicí trubky a u výdejního stojanu vede pění

k částečně naplněné nádrži, avšak může také vést k úniku paliva na karoserii a její znečištění. Ani jeden z uvedených problémů není žádoucí, a proto protipěnovostní přísady tyto problémy účinně eliminují [16].

#### Vylepšení toku za studena

K úpravě paliv z různých surových zdrojů s různými složeními uhlovodíků se používá řada různých nízkomolekulárních polymerů s různými strukturami. Mezi další používané aditivní chemie patří olefin-esterové kopolymery a dispergátory, které lze kombinovat například s ethylenvinylacetátem, aby se zabránilo usazování vosku v nádržích na paliva.

Střední destilátová paliva obsahují typicky 20 až 40% n-parafinů, které mají několik vlastností požadovaných v motorové naftě. V chladném počasí však mají n-parafiny tendenci produkovat značné množství voskových krystalů. S klesáním teploty, krystaly rostou a začínají k sobě přilnávat a vytvářejí velké mřížky krystalů. Nekontrolovaná krystalizace vosku v motorové naftě může způsobit problémy s provozem vozidla, blokovat palivové filtry a přívodní potrubí, což nakonec vede ke ztrátě výkonu a možnému vypnutí motoru [16].



**Obr. č. 13 :** Krystaly parafinu, způsobující zablokování filtru [16]

#### Zlepšení mazivosti

Lubrikační přísady jsou povrchově aktivní sloučeniny, které se skládají z aktivní skupiny polárních hlav, které umožňují tvorbu ochranného filmu na pohyblivých kovových površích. Typické chemikálie používané v prostředcích zlepšujících mazivost zahrnují mastné kyseliny, estery a amidy [16].

Vstřikovací čerpadla nafty se často spoléhají na samotné palivo při mazání pohyblivých částí. Moderní technologie kladou důraz na snižování emisí vozidel, kde se vyžaduje téměř úplné odstranění síry z motorové nafty. K tomuto dosažení je zapotřebí náročných rafinačních procesů, zejména hydrogenačního zpracování. Neošetřená paliva s velmi nízkým obsahem síry mohou

způsobit extrémně rychlé opotřebení a poškození jak u automobilových, tak i u leteckých palivových čerpadel. Aditiva pro zlepšení mazivosti jsou účinná při obnově ztracené mazivosti při náročném rafinérském procesu, což umožňuje normální provoz čerpadla, jeho spolehlivost a životnost [16].



**Obr. č. 14:** Znamky opotřebení po industriálním testu [16]

## 2.10 ZÁKLADNÍ PARAMETRY VOZIDEL VYUŽITÝCH PRO EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro ideální podmínky experimentu, by bylo zapotřebí provést experiment na velkém množství vozidel, aby se dosáhlo přesnějšího průměrného vzorku a zároveň se eliminovalo, co největší množství odchylek. Z ekonomických důvodů byly tedy pro experiment vybrány dvě dvojice motorových vozidel. Jedna dvojice reprezentuje benzínový motor, druhá dvojice vozidel zastupuje naftový motor.

### 2.10.1 Zážehový motor

**Tab. č. 4:** Parametry vozů se zážehovým motorem

<b>Značka</b>	Škoda	Honda
<b>Typ</b>	Fabia	CR-V
<b>Rok výroby</b>	2002	2013
<b>Druh motoru</b>	1.4; 16 V	atmosférický
<b>Spotřeba (město/mimo město/kombinovaná)</b>	8.9/ 5.3/ 6.5	9.3/ 6.3/ 7.4
<b>Identifikační číslo vozidla (VIN)</b>	TMBHC26YX23549564	SHSRE5770DU005092

<b>Značka</b>	Škoda	Honda
<b>Kód motoru</b>	BBY	R20A9

## 2.10.2 Vznětový motor

**Tab. č. 5:** Parametry vozů se vznětovým motorem

<b>Značka</b>	Volvo	Volvo
<b>Typ</b>	V60 CC	XC60
<b>Rok výroby</b>	2017	2016
<b>Druh motoru</b>	2.4	2.4
<b>Spotřeba</b> <b>(město/mimo</b> <b>město/kombinovaná)</b>	10.7/ 7.2/ 8.5	10.5/ 7.1/ 8.1
<b>Identifikační číslo vozidla</b> <b>(VIN)</b>	YV1FZA5C6H1038547	YV1DZA5C6G2879992
<b>Kód motoru</b>	D5244T21	D5244T21



### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část této diplomové práce bude obsahovat zkoušky a testy, které se prováděly v laboratoři pod odborným dohledem. Jednotlivé zkoušky (experimenty) měly za úkol objasnit vliv používání aditiv. Zda aditiva jsou výhodná a zda jsou účinná. Každý experiment obsahoval potřebné popisky a bližší informace, co bylo použito, v jakém množství a následné shrnutí.

#### 3.1 BOD VZPLANUTÍ

Zkušební kelímek dle standardu Pensky-Martens. Při zahřívání se měří teplota, a zároveň se vzorek pozvolna míchá. Zařízení se zkušebním plamínkem v uzavřeném kelímku pravidelně při určitých teplotních bodech je nasměřováno ke zkušebnímu kelímku, současně je přerušeno míchání a sleduje se, kdy dojde ke vzplanutí par vytvořených nad povrchem zkoumaného vzorku. Tento okamžik je popsán jako bod vzplanutí vzorku při atmosférickém tlaku okolí.

Bod vzplanutí se popisuje jako nejnižší teplota vzorku při standardním tlaku okolí, při které dojde ke vzplanutí par nad zkoumaným vzorkem při přiblížení zkušebního plamene.

**Cíl testu:** stanovení bodu vzplanutí u vzorku motorové nafty

**Zkoumaný vzorek:** motorová nafta B7 (odebráno v Brně na čerpací stanici Bílý a Syn)



**Obr. č. 16:** Přiblížení zkušebního plamene ke zkoumanému vzorku



**Obr. č. 15:** Otevírání zkušební komory pro přiblížení zkušebního plamene

## 3.2 PĚNIVOSTNÍ ZKOUŠKA

Pěnivostní zkouška je provedena nenormovanou metodou. Podstatou zkoušky je protřepání 100 ml nafty v 250 ml skleněném válci, kde se vytvoří pěna a pomocí měření stopkami se měří po jaké době se pěna rozpadne tak, že se uprostřed hladiny objeví lysina, dál se měří, po jaké čase pěna z hladiny úplně zmizí.

Jestliže nafta silně pění, má to za následek, že zpomaluje proces tankování. Dále může platit, že zpětným tokem palivové soustavy se do nádrže dostává horká nafta, která prochází vnitřkem motoru. Při přechodu na nižší tlak, uvolňuje se z ní rozpuštěný vzduch a dochází ke vzniku bublinek pod hladinou a taktéž k pění. V situaci, jestliže je v nádrži málo paliva, nestačí se nafta zbavit obou forem provzdušnění, a tak se do soustavy dostává nafta s velkým obsahem vzduchu. Hodnota, která se vyskytuje nad deset procent vzduchu je pro hydraulické systémy považována za škodlivou pro mazání.

**Cíl testu:** stanovení pěnivosti vzorků nafty před a po přidání silikonové přísady pro snížení pěnivosti

**Zkoumaný vzorek:** motorová nafta B7 (odebráno v Brně na čerpací stanici Bílý a Syn)

**Poznámka:** byly vytvořeny 2 vzorky



**Obr. č. 18:** Nabrané vzorky, vlevo benzin a vpravo nafta



**Obr. č. 17:** Silikonový olej, pomáhající nepěnivosti paliva

Byl odebrán vzorek *100 ml* kapaliny, který byl odlit do odměrného válce pro měření míry pěnivosti paliv. Po důkladném protřepání začalo časové měření pěnivosti. Tento vzorek byl bez přidaného silikonového oleje. Stopky byly zastaveny v moment objevení lysinky hladiny mezi bublinkami pěny. Výsledek měření byl roven *47 sekundám* pro ztrátu pěny na povrchu vzorku.



**Obr. č. 19:** Proces od protřepání vzorku bez silikonu

V následném testu byl opět odebrán vzorek *100 ml* kapaliny, který byl odlit do odměrného válce pro měření míry pěnivosti paliv. Do válce bylo následně přidáno *10 ppm* (parts per million) oleje na bázi silikonu. Touto přísadou očekáváme znatelné snížení pěnivosti daného vzorku. Po důkladném protřepání začalo časové měření pěnivosti.



**Obr. č. 20:** Proces od protřepání vzorku s přidaným silikonem

Stopky byly zastaveny v moment objevení lysinky hladiny mezi bublinkami pěny. Výsledek měření byl roven *14 sekundám* pro ztrátu pěny na povrchu vzorku. Je tedy možné konstatovat, že přidání přísady na bázi silikonu výrazně zlepšilo pěnivostní vlastnosti daného vzorku.

**Závěr:** při konečném porovnání obou vzorků, bylo možné dospět k jednoznačnému závěru a potvrzení účinnosti zmíněné přísady na silikonové bázi. Tyto přísady se obecně využívají a aplikují do paliv pouze ve velmi malém množství, a to zhruba kolem *10 - 30 ppm*. Narozdíl od dalších přísad, které se v drtivé většině v palivech vyskytují v mnohem větším množství.

### 3.3 CETANOVÝ INDEX

V této zkoušce se měřil cetanový index ve dvou vzorcích, které se následně porovnávaly.

Zkouška byla provedena normovanou metodou EN ISO 4264. Podstatou zkoušky bylo přístrojové měření obsahu cetanu (n-hexadekanu) ve vzorku paliva.

Pro tyto účely je cetanový index velmi důležitý, jelikož se od něj odvíjí kvalita směsi pro chod motoru. Přidané aditivum pro tuto zkoušku - 2-ethylhexylnitrát mělo za úkol zvýšit cetanový index natolik, aby se projevil zlepšeným spalováním, tudíž zlepšením chodu motoru, který vede k požadovanému snížení spotřeby paliva.

**Cíl testu:** Stanovení cetanového indexu dle zkoušky EN ISO 4264.

**Zkoumaný vzorek:** motorová nafta B7 (odebráno v Brně na čerpací stanici Bílý a Syn)

**Poznámka:** byly vytvořeny 2 vzorky

#### Vzorek č.1 - neaditivovaný

Z výsledku testu prvního vzorku, který se považuje za vzorek výchozí, dle protokolu vycházel cetanový index ve výši *51,5*. Tento bod cetanového indexu *51,5* se dodatečným přimísením 2-ethylhexylnitrátu bude snažit zvýšit na předpokládanou hodnotu *57*, jenž bylo možné považovat za práh vysokého účinku přísady.

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty		Metoda zkoušení
		min.	max.	
Cetanové číslo		51,0	---	EN ISO 5165 EN 15195, EN 16144, EN 16715
Cetanový index		46,0	---	EN ISO 4264
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	820,0	845,0	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Polycyklické aromatické uhlovodíky	% (m/m)	---	8,0	EN 12916
Obsah síry	mg/kg	---	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884 EN ISO 13032
Obsah manganu	mg/l	---	2,0	EN 16576
Bod vzplanutí	°C	nad 55,0	---	EN ISO 2719
Karbonizační zbytek (vztaženo na 10 % destilačního zbytku)	% (m/m)	---	0,30	EN ISO 10370
Obsah popela	% (m/m)	---	0,01	EN ISO 6245
Obsah vody	% (m/m)	---	0,020	EN ISO 12937
Celkový obsah nečistot	mg/kg	---	24	EN 12662
Korozivní působení na měď (3 h při 50° C)	stupeň koroze	třída 1		EN ISO 2160
Obsah metylesterů mastných kyselin (FAME)	% (V/V)	---	7,0	EN 14078
Oxidační stabilita	g/m <sup>3</sup> h	---	25 ---	EN ISO 12205 EN 15751
Mazivost, průměr oděrové plochy (wsd 1,4) při 60 °C	µm	---	460	EN ISO 12156-1
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,00	4,50	EN ISO 3104
Destilační zkouška při 250 °C předdestiluje při 350 °C předdestiluje 95 % (V/V) předdestiluje při	% (V/V) % (V/V) °C	85 -	< 65 360	EN ISO 3405 EN ISO 3924

51,5  
835 kg/m<sup>3</sup>  
55,5 °C

**Obr. č. 21:** Výsledky měření cetanového čísla neaditivovaného vzorku

Vzorek č.2 – aditivovaný

Z výsledků druhého testu, který se prováděl na vzorku aditivovaném 2-ethylhexylnitrátem vyšel výsledek 58.2 cetanový index.



Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty		Metoda zkoušení
		min.	max.	
Cetanové číslo		51,0	---	EN ISO 5165 EN 15195, EN 16144, EN 16715
Cetanový index		46,0	---	EN ISO 4264
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	820,0	845,0	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Polycyklické aromatické uhlovodíky	% (m/m)	---	8,0	EN 12916
Obsah síry	mg/kg	---	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884 EN ISO 13032
Obsah manganu	mg/l	---	2,0	EN 16576
Bod vzplanutí	°C	nad 55,0	---	EN ISO 2719
Karbonizační zbytek (vztaženo na 10 % destilačního zbytku)	% (m/m)	---	0,30	EN ISO 10370
Obsah popela	% (m/m)	---	0,01	EN ISO 6245
Obsah vody	% (m/m)	---	0,020	EN ISO 12937
Celkový obsah nečistot	mg/kg	---	24	EN 12662
Korozivní působení na měď (3 h při 50° C)	stupeň koroze	třída 1		EN ISO 2160
Obsah metylesterů mastných kyselin (FAME)	% (V/V)	---	7,0	EN 14078
Oxidační stabilita	g/m <sup>3</sup> h	---	25 20	EN ISO 12205 EN 15751
Mazivost, průměr oděrové plochy (wsd 1,4) při 60 °C	µm	---	460	EN ISO 12156-1
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,00	4,50	EN ISO 3104
Destilační zkouška při 250 °C předdestiluje při 350 °C předdestiluje 95 % (V/V) předdestiluje při	% (V/V) °C	85	< 65 360	EN ISO 3405 EN ISO 3924

**Obr. č. 22:** Výsledky měření cetanového čísla aditivovaného vzorku

### **Závěr:**

Výsledek testu, kde došlo ke zvýšení cetanového indexu o 6.7 je možné považovat za velmi dobrý. Díky zvýšení cetanového indexu na 58.2 lze předpokládat, že díky zlepšení spalování směsí dojde k úspoře v provozu, a tím se zvýší dojezd vozidla, sníží průměrná spotřeba, a díky tomu dojde i ke snížení emisí vozidel.

Také bylo možné pozorovat nepatrné zvýšení hustoty vzorku, která byla způsobena přidáním přísady o vyšší hustotě, než byla hustota u vzorku č. 1. Dále se nepatrně snížil bod vzplanutí, a to o 2°C, opět z důvodu přimíchání přísady 2-ethyhexylnitrátu. Mohlo se samozřejmě jednat o drobné odchylky při měření, tyto jsou však velmi nepatrné.

## **3.4 APLIKACE DO VOZIDEL**

Pro samotný experiment bylo zapotřebí přidat přesné množství přísady do paliva každého testovaného vozidla tak, aby koncentrace v daném palivu byla ve všech vozidlech stejná.

V tomto experimentu bylo zvoleno pro každé vozidlo 450ml přípravku pro 40 litru paliva. Pro dieselový i benzínový motor platilo to stejné.

Současně s aplikací výrobku bylo vynulováno elektronické měření průměrné spotřeby paliva na všech vozidlech. Dlouhodobá průměrná spotřeba za delší časovou jednotku by nebyla tak objektivní, a to zejména proto, protože byla měřena spotřebu pouze na 40 litrech paliva.



**Obr. č. 23:** Škoda Fabia, benzin



**Obr. č. 24:** Honda CRV, benzin



**Obr. č. 25:** Volvo V60 CC, nafta

**Obr. č.:**



**Obr. č. 26:** Volvo XC60, nafta

### **3.4.1 Měření spotřeby vozidel**

Pro vlastní test bylo potřeba nejdříve připravit všechny vozidla tak, aby bylo dosaženo co nejobjektivnějšího výsledku. Předpokladem bylo, že každé měřené vozidlo v době testu bude jezdit svoje standartní trasy bez extrémních odchylek, jako je například neočekávaně dlouhá cesta a na druhou stranu krátká. Byl kladen důraz i na přihlédnutí k nestandardním dopravním situacím, jako například opravy silnic nebo dopravní zácpy, uzavírky běžné trasy atd., kterým vozidlo nebylo běžně vystavováno, avšak k takové situaci nedošlo ani v jednom případě. Před začátkem testování proběhla kontrola všech aspektů, které by měly vliv na nesprávnost naměřených výsledků. Vozidla byla podrobena vzhledové kontrole, dále proběhla kontrola pneumatik, zda hloubka desénu je odpovídající a zda tlak v pneumatikách je správný.



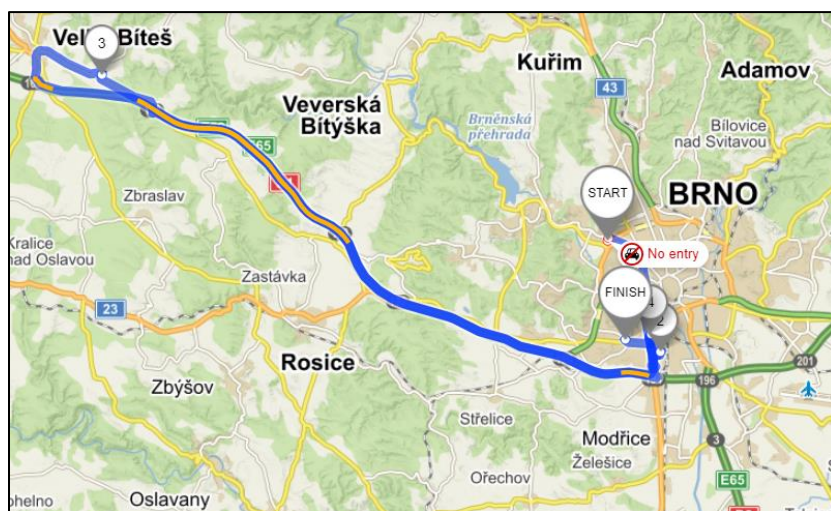
Byly zvoleny dva bloky testování pro každé vozidlo. V prvním bloku se testovala spotřeba paliva bez přidané přísady. Pro provoz vozidla bylo určeno přibližně 40 litrů paliva a sledovalo se pouze digitální měření spotřeby, které se následně srovnávala s druhým testovacím blokem.

Pro začátek měření se tedy přihlédlo k období pro každé vozidlo, kde se neočekávaly standardní cesty.

Toto období bylo pro:

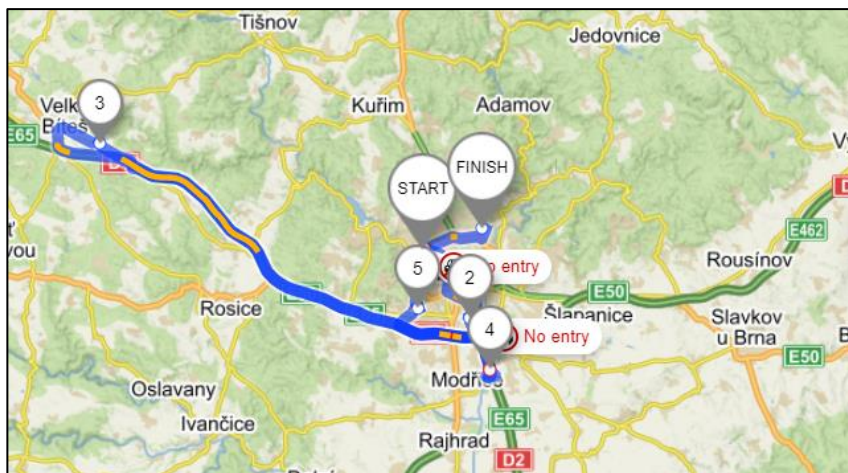
- Volvo XC60: 10.3. 2021 - 17.3.2021
- Volvo V60 CC: 10.3. 2021–15.3. 2021
- Škoda Fabia: 15.3. 2021–29.3. 2021
- Honda CR-V: 15.3. 2021–27.3. 2021

Vozidlo Volvo XC60 jezdilo pravidelné trasy z 80% po Brně z městské části Žabovřesky do Horních Heršpic a zpět. Z 20% se vozidlo pohybovalo mimo město po dálnici D1, a občas po okresních silnicích. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.



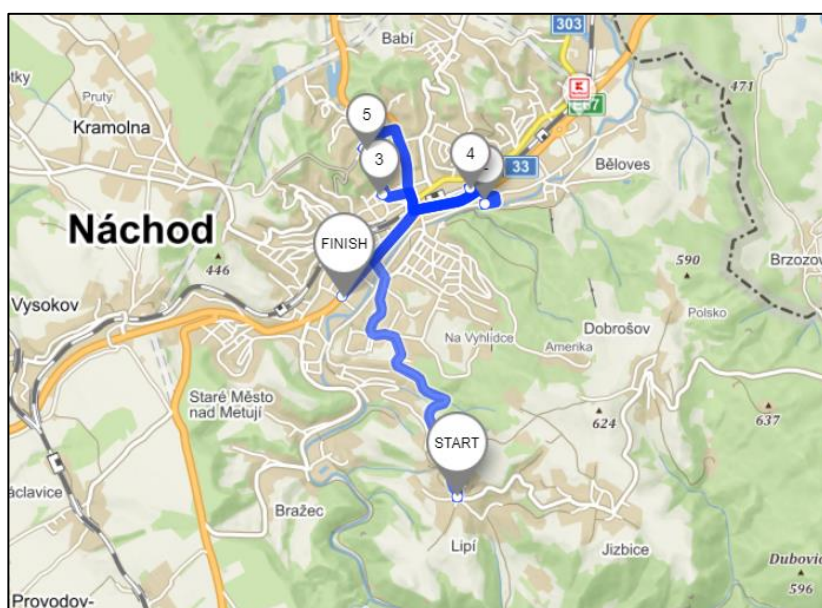
**Obr. č. 27:** Ukázka trasy Volva XC 60

Vozidlo Volvo V60 CC se pohybovalo ze 60% po Brně různými trasami. Ze 40% pak po dálnicích v ČR a mezi městy. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.



**Obr. č. 28:** Ukázka trasy Volvo V60 CC

Vozidlo Škoda Fabia měla svou trasu stanovenou v Náchodě, a to pouze z okrajové, členité části města do centra města a zpět. Tedy 100% cest byly krátké trasy po městě. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.



**Obr. č. 29:** Ukázka trasy u benzinových vozů

Vozidlo Honda CR-V se taktéž jako Škoda Fabia pohybovala po téměř stejných trasách, tedy 100% po městě z okraje do centra a zpět. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.

Pro správné vyhodnocení vozidel bylo potřeba opsat přesnou průměrnou spotřebu paliva, kterou udávala řídicí jednotka po vyjetí stanovené náplně nádrže.

Výsledek měření průměrné spotřeby prvního bloku byl následující:

- Volvo XC60: 8,6 l/100km
- Volvo V60 CC: 9,1l/100km
- Škoda Fabia: 6,6l/100km
- Honda CR-V: 7,7l/100km

Druhý blok měření byl zaměřen na vyhodnocení spotřeby po přidání experimentálního přípravku palivové přísady tak, aby se zkouška shodovala s prvním blokem měření. Tedy aditivace 40 litrů paliva za období běžného provozu vozidel bez značných odchylek, které by mohly ovlivnit samotnou spotřebu paliva, a tudíž zkreslit výsledek měření.

Paliva vozidel byla aditivována a měřený časový úsek vozidel probíhal:

- Volvo XC60: 1.4. 2021–7.4. 2021
- Volvo V60 CC: 1. 4. 2021–6.4. 2021
- Škoda Fabia: 1.4. 2021–14.4. 2021
- Honda CR-V: 1.4. 2021–13.4. 2021



**Obr. č. 30:** Aplikace aditiva do Škody Fabia





**Obr. č. 31:** Aplikace aditiva do Hondy CRV



**Obr. č. 32:** Aplikace aditiva do Volva XC60



**Obr. č. 33:** Aplikace aditiva do Volva V60 CC

Aplikace do vozidel (viz. obrázky výše) proběhla bez problémů a přísada se smíchala s přibližně 40 litry paliva u každého měřeného vozidla, náklady na pořízení jedné lahvičky aditiva činily 110,- Kč.

Vozidlo Volvo XC60 jezdilo opět, jak u přechozího měření pravidelné trasy z 80% po Brně z městské části Žabovřesky do Horních Heršpic a zpět. Z 20% se vozidlo pohybovalo mimo město po dálnici D1, a občas po okresních silnicích. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.

Vozidlo Volvo V60 CC se při druhém bloku měření taktéž pohybovalo ze 60% po Brně různými trasami. Ze 40% pak po dálnicích v ČR a mezi městy. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.

Vozidlo Škoda Fabia měla svou trasu neměnně stanovenou v Náchodě, a to pouze z okrajové, členité části města do centra města a zpět. Tedy 100% cest byly krátké trasy po městě. Vozidlo se za dobu spotřebování své testovací nádrže nesetkalo s nestandardní situací, která by výrazně ovlivnila proces měření spotřeby.

Vozidlo Honda CR-V se taktéž jako Škoda Fabia pohybovala po téměř stejných trasách za nezměněných podmínek od prvního bloku měření, tedy 100% po městě z okraje do centra a zpět.

Po opsání průměrné spotřeby paliva z digitálního ukazatele řídicí jednotky stejně jako v prvním bloku se došlo k následujícím údajům:

- Volvo XC60: 8,3 l/100km
- Volvo V60 CC: 8,9l/100km
- Škoda Fabia: 6,2l/100km
- Honda CR-V: 7l/100km

#### **Výsledky testu:**

U vozidla Volvo XC60, které bylo aditivované naftovou přísadou 2-ethylhexyl nitrát o koncentraci 2000 ppm (parts per million) po vyjetí přibližně 40 litrů paliva bylo zjištěno snížení průměrné spotřeby o 0,3 litrů na 100 kilometrů.

U vozidla Volvo V60 CC se projevila změna na průměrné spotřebě po aditivaci stejnou látkou jako pro předchozí vozidlo o celých 0,2 litrů na 100 kilometrů.

Vozidlo Škoda Fabia, které bylo aditivováno směsí přísad benzínových, kde převažovala přísada detergentní byla spotřeba snížena o 0,4 litrů na 100 kilometrů.

Vozidlo Honda CR-V taktéž po aditivaci směsí přísad pro benzín projevilo snížení průměrné spotřeby na testovací náplni paliva o 0,7 litrů na 100 kilometrů.

#### **Rozbor výsledků:**

Po konzultaci výsledků testů s vedoucím laboratoře společnosti Ekolube, s.r.o. byl učiněn závěr, že mezi naftovými motory a spalovacími motory se v oblasti aditivace liší nejvýraznější důvod pro změnu průměrné spotřeby paliva mezi testovanými bloky.

U naftových – vznětových motorů je jasné, že díky přítomnosti zvyšovače cetanového čísla 2-ethylhexyl nitrátu se v motorech zlepšilo hoření směsi, a tudíž se snížila spotřeba paliva. Pro dosažení stejného výkonu motoru bylo tedy zapotřebí méně paliva, a to mělo v měřeném bloku za následek lehkou úsporu paliva.

U motorů benzínových, tedy spalovacích však zvýšení oktanového čísla za pomoci isooktanu v aditivační směsi nedocházelo tak výrazně, proto bylo nutné hledat důvod pro snížení průměrné spotřeby jinde.

Jelikož nebylo provedeno rozebrání motorů, palivových systémů a podrobné zkoumání důvodu pro snížení spotřeby, může se jen předpokládat, jaký byl pravý důvod, proč nedošlo

k výrazné změně. V přísadě pro benzínové motory byl obsažen silný detergent, který pravděpodobně zapříčinil rozpuštění usazených nečistot, a tak snížil spotřebu paliva u starších, ojetých vozů jako jsou Škoda Fabia 2002 a Honda CR-V 2013. Palivový systém má soustavu trubek, které mají velmi malý průměr, kterým se rozvádí palivo do a v motoru. Když dojde ke znečištění, a tudíž ke zúžení těchto palivových vodičů, může pak dojít ke špatnému dávkování paliva v motoru a spotřeba se zvýší. Pročištěním účinným detergentem tohoto systému může dojít ke dlouhodobějšímu snížení spotřeby.

#### ***Komentář řidičů vozidel:***

Každé testované vozidlo mělo jiného řidiče a na každého řidiče byl vznesen dotaz na pocit při jízdě v druhém bloku. S ohledem na fakt, že v případě přísad, jak už olejových nebo palivových je nutné brát v potaz "placebo efekt", který mohl ovlivnit objektivnost řidičů, jejich hodnocení je tedy nutné brát s nadhledem.

Přesto řidiči vozů Volvo XC 60, Volvo V60 CC a Honda CR-V pocítili v druhém testovacím bloku rozdíl v citlivosti akceleračního pedálu, v jednom případě klidnějšího volného běhu motoru (Honda CR-V).

## 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Zhodnocení pozorování testovacích vozů a aplikovaných přísad po konzultaci s tribotechnikem laboratoře bylo možné dovodit několik závěrů.

Naftová přísada obohatila palivo látkou, která zvedla cetanové číslo o několik bodů, proto došlo ke zlepšení spalování, což mělo přímý vliv na lepší chod motoru a kvalitnější spalování směsi. Tato látky a látky jí podobné jsou často obsaženy v palivu čerpacích stanic, nicméně jsou přítomny pouze ve velmi malých množstvích z ekonomických důvodů prodeje paliv samotných. Tato studie tedy dochází k jednoznačnému závěru pro přísady vznětových motorů, že svoji podstatu ve větší koncentraci, nežli základní přítomnost v palivových nádržích čerpacích stanic je opodstatněná, a tudíž má důvod přidávat do paliva další přísady ve zvýšené koncentraci.

Pro přísady v benzínových motorech bylo možné dovodit závěr, že svoji podstatu taktéž naplnily, a to také ve zvýšeném množství, nežli se obvykle nachází v nádrži čerpacích stanic. U zážehových motorů se navíc v této studii projevila výhoda čištění palivového systému detergenční přísadou, která částečně revitalizovala původní fungování motoru, a tím zlepšila chod opotřebeného motoru a jeho palivového systému. Tedy taktéž došlo k naplnění podstaty výzkumu a nachází se zde přímý přínos aditivace paliv.

Z ekonomického pohledu se došlo k následujícímu závěru. Po použití přísady se jednoznačně ošetřil palivový systém motoru, a tudíž zde lze předpokládat prodloužení životnosti motoru a její částečné revitalizaci. V neposlední řadě se zde zpozorovala přímo měřitelná úspora, a to ve formě snížení průměrné spotřeby paliva po aplikaci palivové přísady. Tato úspora se přímo rovná rozdílu průměrných spotřeb před a po aplikaci přísady a po odečtení nákladů na pořízení přísady samotné.



## 5 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjištění, jaký přínos má dodatečná aditivace paliv pro benzinová a naftová vozidla a jejich provozovatele. Nejprve bylo provedeno uvedení do teoretických poznatků, které jsou podstatnou součástí porozumění problematiky. V experimentální části práce byly provedeny celkem tři pokusy ze vzorků odebraných na čerpací stanici Bílý a syn v Brně. Prvním pokusný test byl bod vzplanutí nafty, kde se zjistila přesná teplota, kdy se vytvoří dostatek par nad vzorkem, které se vznítí při přiblížení pokusného plamene. Tato teplota činila 55,5°C.

Pěnivostní zkouškou paliva bylo zajištění nižší pěnivosti nafty pomocí silikonové přísady. Dle měření bylo zjištěno, že bez silikonové přísady se ztráta pěnivosti rovnala *47 sekundám*, avšak pomocí zmíněné přísady se ztráta pěny rovnala *14 sekundám*. Díky silikonové přísadě byl sledován přínos, zvláště v procesu tankování paliv na čerpacích stanicích.

Dalším laboratorním testem bylo měření cetanového čísla nafty, bohužel tento pokus vyžadoval modernější přístroje, proto byl pokus absolvován v laboratoři Čepra, a.s., jelikož z důvodu pandemické situace nebylo možné fyzicky být u testování, a tak tento pokus byl změřen odborníky, kteří podali veškeré informace o průběhu pokusu. V tomto pokusu se došlo k závěru, že při aditivovaném vzorku je bod vzplanutí 53,5°C, hustota při 15°C je 836,9 kg/m<sup>3</sup>, což je důležité pro čerpatelnost paliva (schopnost paliva zůstat dostatečně tekutým, aby bez problémů prošel palivovým systémem, a přitom nijak neovlivnil proces dávkování paliva do motoru).

Posledním a nejobsáhlejším pokusem bylo za úkol ve dvou testovacích blocích zjistit mají-li konvenční palivové přísady, které se vyskytují na odběrných místech pro motoristy význam v zásadě zvýšeném množství prostřednictvím dodatečné aditivace. Výsledky testovacích bloků jednoznačně vypovídaly o kladném, krátkodobém účinku přidávaných aditiv i účincích dlouhodobých, jako je například revitalizace palivového systému pomocí přidávaného detergentu a dalších ekonomických úspor.

Testovací bloky byly prováděny na čtyřech vozidlech a výsledky těchto testů se zdály být bez zdánlivé odchylky, která by znehodnocovala výsledky testů. Tvorba této práce byla však limitována finanční i časovou stránkou, která omezovala v provedení testování na značně vyšším vzorku vozidel, díky kterému by byl test aditivace paliv pro běžný provoz přesnější. Avšak nic nenavštěvovalo tomu, že by byly výsledky testovacích bloků výrazně odlišné od předpokládaných výsledků. Výsledky testovacích bloků přinesly následující závěry:

<b>Testovaná vozidla</b>	<b>Průměrná spotřeba před aditivací</b>	<b>Průměrná spotřeba po aditivaci</b>
<b>Volvo XC60</b>	<i>8,6 l/100km</i>	<i>8,3 l/100km</i>
<b>Volvo V60 CC</b>	<i>9,1l/100km</i>	<i>8,9l/100km</i>
<b>Škoda Fabia</b>	<i>6,6l/100km</i>	<i>6,2l/100km</i>
<b>Honda CR-V</b>	<i>7,7l/100km</i>	<i>7l/100km</i>

Z tabulky výše vyplývá, že u vozidla Volvo XC60, které bylo aditivované naftovou přísadou po vyjetí přibližně 40 litrů paliva bylo zjištěno snížení průměrné spotřeby o 0,3 litrů na 100 kilometrů, což přineslo úsporu o 3,4% průměrné spotřeby. U vozidla Volvo V60 CC se projevila změna na průměrné spotřebě po aditivaci stejnou látkou jako pro předchozí vozidlo o celých 0,2 litrů na 100 kilometrů, tedy úspora o 2,1% průměrné spotřeby. Vozidlo Škoda Fabia, které bylo aditivováno směsí přísad benzínových, byla spotřeba snížena o 0,4 litrů na 100 kilometrů, procentuálně úspora průměrné spotřeby paliva vycházela na zhruba 6%. U vozidla Honda CR-V taktéž po aditivaci směsí přísad pro benzín projevilo snížení průměrné spotřeby na testovací náplni paliva o 0,7 litrů na 100 kilometrů, tedy úspora přibližně o 9% průměrné spotřeby paliva.

V závěru této práce se dochází ke splnění předpokladů o přínosu dodatečné aditivace paliv jak ekonomického, tak technicky-tribologického, neboli tribotechnického. Dle výsledků testovacích bloků by bylo větší rozšíření povědomí o dodatečné aditivace paliv mezi každodenního řidiče značným přínosem pro domácnosti, jenž disponují motorovým vozidlem poháněným spalovacím palivem.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VOCEL, Milan a Vladimír DUFEK. *Tření a opotřebení strojních součástí*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1976. Řada strojírenské literatury.
- [2] BLAŠKOVIČ, Pavel, Jozef BALLA a Marián DZIMKO. *Tribológia*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1990. Edícia strojárскеj literatúry. ISBN 80-05-00633-0.
- [3] PROVOZ, DIAGNOSTIKA A ÚDRŽBA STROJŮ: *Tribologie, základní pojmy* [online]. Vysoká škola Báňská, Ostrava, 2013 [cit. 2021-06-08]. ISBN 978-80-248-3028-5. Dostupné z: <http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF%2004.pdf>
- [4] HELEBRANT, František. *Technická diagnostika a spolehlivost*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1690-6.
- [5] *Maziva pro extrémní podmínky: Maziva nové generace*. Brno, 1996. Vypracoval kolektiv spolupracovníků firmy EXTRIBO Brno pro potřeby školení obsluhy čerpacích stanic.
- [6] ZEHNÁLEK, Josef. *Chemie, paliva, maziva*. 2., nezměněn. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. ISBN isbn80-7157-900-9.
- [7] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.
- [8] Co jsou biopaliva. *Preol, a.s.: Pro veřejnost* [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.preol.cz/info-pro-verejnost/co-jsou-biopaliva>
- [9] Biopaliva. *Čepro, a.s.: Přeprava, skladování a prodej ropných produktů* [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.ceproas.cz/produkty-a-sluzby/biopaliva>
- [10] Jednotné značení paliv. *ČAPPO* [online]. 2021 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/legislativa/jednotne-znaceni-motorovych-paliv>

- [11] *Bezolovnaté benzíny* [online]. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z:  
] [https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/EuroOil/Cepro\\_Bezolovnate\\_benziny.p  
df](https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/EuroOil/Cepro_Bezolovnate_benziny.pdf)
- [12] STODOLA, Jiří a Jaroslava MACHALÍKOVÁ. *Spolehlivost a diagnostika BSV*. Vyd. 1.  
] Brno: Univerzita obrany, 2006. ISBN 80-7231-167-0.
- [13] ČORŇÁK, Štefan, Roman BALÍK a Jiří BARTÁK. *Provoz a údržba bojových a  
] speciálních vozidel I*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2007. ISBN 978-80-7231-288-7.
- [14] *AMSOIL: New Oil Technology Needed to Prevent Super Knock* [online]. [cit. 2021-  
] 06-08]. Dostupné z: [https://www.amsoil.com/newsstand/motor-oil/articles/prevent-  
super-knock/](https://www.amsoil.com/newsstand/motor-oil/articles/prevent-super-knock/)
- [15] Nafta motorová. *Čepro a.s.* [online]. [cit. 2021-06-11]. Dostupné z:  
] [https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/EuroOil/Cepro\\_nafta\\_motorova.pdf](https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/EuroOil/Cepro_nafta_motorova.pdf)
- [16] *Fuel Additives: Use and Benefits*. September. Belgium, 2013.  
]
- [17] Aditiva do maziv. *Www.oleje.cz* [online]. Brno [cit. 2021-06-07]. Dostupné z:  
] [https://www.oleje.cz/clanek/Aditiva\\_do\\_maziv](https://www.oleje.cz/clanek/Aditiva_do_maziv)

## 7 SEZNAM TABULEK

<b>Tab. č. 1:</b> Druhy opotřebení a jejich charakteristika .....	18
<b>Tab. č. 2:</b> Charakteristika automobilového benzínu .....	24
<b>Tab. č. 3:</b> Charakteristika motorové nafty .....	28
<b>Tab. č. 4:</b> Parametry vozů se zážehovým motorem .....	39
<b>Tab. č. 5:</b> Parametry vozů se vznětovým motorem .....	40

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. č. 1:</b> Obsah tribologie .....	15
<b>Obr. č. 2:</b> Tribologický systém .....	15
<b>Obr. č. 3:</b> Vztah tribologie s dalšími vědními obory .....	16
<b>Obr. č. 4:</b> Průběh Stribeckovy křivky (p) a změny (p <sub>1</sub> ), (p <sub>2</sub> ) pro tlaky $p_1 < p < p_2$ .....	16
<b>Obr. č. 5:</b> Značení paliva pro zážehové motory .....	22
<b>Obr. č. 6:</b> Značení paliva pro vznětové motory .....	22
<b>Obr. č. 7:</b> Značení plyných paliv .....	22
<b>Obr. č. 8:</b> Destilační křivka benzínu a její vliv na chování zážehového motoru .....	26
<b>Obr. č. 9:</b> Modifikátor tření a jeho funkce .....	34
<b>Obr. č. 10:</b> Rozdíl mezi rezavou a čistou sondou .....	35
<b>Obr. č. 11:</b> Fáze separace vody od paliva .....	36
<b>Obr. č. 12:</b> Znázornění předpokládající reaktivitu cetanového zvyšovače na nízké, střední a vysoce vnímavou naftu .....	37
<b>Obr. č. 13 :</b> Krystaly parafinu, způsobující zablokování filtru.....	38
<b>Obr. č. 14:</b> Znamky opotřebení po industriálním testu .....	39
<b>Obr. č. 15:</b> Otevírání zkušební komory pro přiblížení zkušebního plamene .....	41
<b>Obr. č. 16:</b> Přiblížení zkušebního plamene ke zkoumanému vzorku .....	41
<b>Obr. č. 17:</b> Silikonový olej, pomáhající nepěnivosti paliva .....	42
<b>Obr. č. 18:</b> Nabrané vzorky, vlevo benzin a vpravo nafta.....	42
<b>Obr. č. 19:</b> Proces od protřepání vzorku bez silikonu.....	43
<b>Obr. č. 20:</b> Proces od protřepání vzorku s přidaným silikonem.....	43
<b>Obr. č. 21:</b> Výsledky měření cetanového čísla neaditivovaného vzorku .....	45
<b>Obr. č. 22:</b> Výsledky měření cetanového čísla aditivovaného vzorku.....	46
<b>Obr. č. 23:</b> Škoda Fabia, benzin.....	47
<b>Obr. č. 24:</b> Honda CRV, benzin .....	47
<b>Obr. č. 25:</b> Volvo V60 CC, nafta .....	48
<b>Obr. č. 26:</b> Volvo XC60, nafta .....	48
<b>Obr. č. 27:</b> Ukázka trasy Volva XC 60.....	49
<b>Obr. č. 28:</b> Ukázka trasy Volvo V60 CC .....	50
<b>Obr. č. 29:</b> Ukázka trasy u benzinových vozů .....	50
<b>Obr. č. 30:</b> Aplikace aditiva do Škody Fabia.....	51
<b>Obr. č. 31:</b> Aplikace aditiva do Hondy CRV .....	52
<b>Obr. č. 32:</b> Aplikace aditiva do Volva XC60 .....	52
<b>Obr. č. 33:</b> Aplikace aditiva do Volva V60 CC.....	53

